

531,112

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2004 年 8 月 26 日 (26.08.2004)

PCT

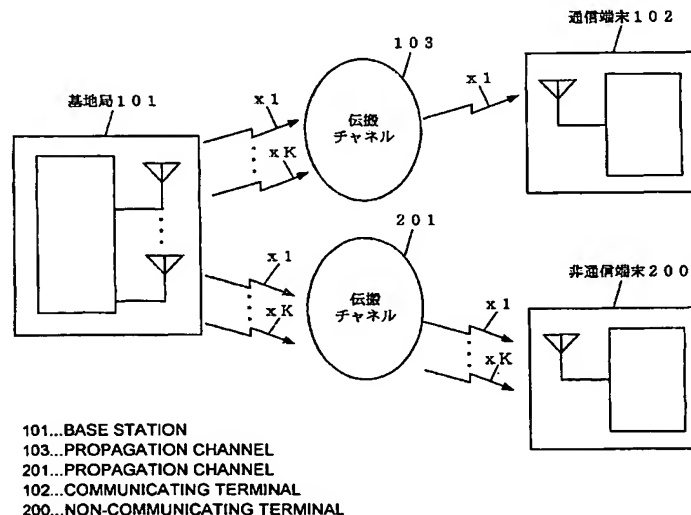
(10) 国際公開番号
WO 2004/073226 A1

- (51) 国際特許分類⁷: H04J 15/00, H04B 7/06 (72) 発明者; および
(21) 国際出願番号: PCT/JP2004/001449 (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 中川 洋一 (NAK-
(22) 国際出願日: 2004 年 2 月 12 日 (12.02.2004) AGAWA, Yoichi). 折橋 雅之 (ORIHASHI, Masayuki).
(25) 国際出願の言語: 日本語 (74) 代理人: 岩橋 文雄, 外 (IWAHASHI, Fumio et al.); 〒
(26) 国際公開の言語: 日本語 5718501 大阪府門真市大字門真 1006 番地松下電
(30) 優先権データ: 器産業株式会社内 Osaka (JP).
特願2003-033385 2003 年 2 月 12 日 (12.02.2003) JP (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が
特願2004-030349 2004 年 2 月 6 日 (06.02.2004) JP 可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR,
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 松下電 BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,
器産業株式会社 (MATSUSHITA ELECTRIC INDUS- DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU,
TRIAL CO., LTD.) [JP/JP]; 〒5718501 大阪府門真市大 ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT,
字門真 1006 番地 Osaka (JP). LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI,
NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG,

[続葉有]

(54) Title: TRANSMITTER APPARATUS AND RADIO COMMUNICATION METHOD

(54) 発明の名称: 送信装置及び無線通信方法



(57) Abstract: A radio station (101) equipped with an array antenna, when transmitting an information symbol sequence to a particular radio station (102), uses a plurality of vectors, which are produced based on a propagation channel characteristic (103) established between these radio stations, to simultaneously transmit a plurality of symbol sequences, which include the aforementioned information symbol sequence, by means of vector multiplexing, thereby causing the particular radio station (102) to receive the aforementioned information symbol sequence, while causing other radio stations (200) of different propagation channels to simultaneously receive a part or all of the aforementioned plurality of symbol sequences. Thus, when data is transmitted to a particular radio station via a radio communication line, the concealment of information can be secured with a high level of security.

(57) 要約: アレーアンテナを有する無線局 (101) が、特定の無線局 (102) に対して情報シンボル系列を送信する際に、前記無線局間の伝搬チャネル特性 (103) に基づいて生成される複数のベクトルを用いて、前記情報シンボル系列を含む複数のシンボル系列をベクトル多重化により同時に送信することで、前記特定の無線局 (102) では前記情報シンボル系列が受信

[続葉有]

WO 2004/073226 A1



SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,
VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 国際調査報告書
- 補正書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

明 細 書

送信装置及び無線通信方法

技術分野

- 5 本発明は、特定の無線局間において、無線回線を介して秘匿性が要求される情報を伝送するための送信装置及び無線通信方法に関する。

背景となる技術

- 10 近年、デジタル無線通信は、伝送速度や伝送品質が飛躍的に向上したことにより、通信分野の重要な位置を占めるようになってきている。一方で、無線通信は公共財である電波空間を利用しているため、秘匿性の点から考えると第三者による受信が可能であるといった根本的な欠点がある。すなわち、通信内容が第三者に傍受され情報が漏洩するおそれ
- 15 そこで従来は、情報を暗号化することにより、たとえ通信データが第三者に傍受されたとしても情報の内容が第三者に分からないようにするなどの工夫がなされている。暗号化は、様々な分野で研究されまた様々な分野で応用されている。これは、暗号化には通信システムを変更しなくても一定セキュリティが確保できるといった長所がある

- 20 からである。

しかしながら、情報の暗号化には、暗号化するためのコードやその手順が分かれば、比較的容易に情報が解読されてしまう問題がある。特に高速のコンピュータが一般的に普及している現状では、かなり複雑な暗号化処理を行わないとセキュリティが確保できなくなっている。

このような暗号化技術が有する課題に対して、電波伝搬媒体である伝搬チャネルの物理的な特徴に注目した、秘匿性の高い無線伝送方式が提案されている（例えば、特開 2002-152191 号公報）。この方式によれば、特定の無線局間で共有する伝搬チャネルの特性を考慮して

5 通信データを送受信することにより、伝搬チャネルが異なる他の無線局ではデータを受信又は復元できないため、無線通信の物理層におけるセキュリティを確保することができる。また、特定の無線局間で固有の特性となる伝搬チャネルに基づいてデータ暗号化するための秘密鍵を共有し、第三者による盗聴を防止するようにしているものもある（例えば、

10 堀池 元樹、外 3 名、”陸上移動通信路の不規則変動に基づく秘密鍵共有方式”、信学技報、RCS 2002-173、2002 年 10 月。）。

無線伝送路のランダム性を活用したこれらの無線伝送方式は、第三者が傍受したときに伝送路の誤り発生確率が高くなるようにすることで、秘匿性が要求される通信データが傍受されるのを防ぐことができる。こ

15 のため、一般に利用されている情報源の鍵暗号化の技術と組合せることで、より高いセキュリティで通信することが可能になる。

通常、携帯電話や W L A N などの移動通信システムにおいて、2 つの無線局間の伝搬チャネル特性は無線局の空間的な位置により特徴付けられる。伝搬チャネル特性を表すパラメータとしては、振幅・位相、到来

20 波の方向や遅延時間、偏波などが用いられる。仮に、特定の無線局間の伝搬チャネルをこれらのパラメータを用いて独自に特徴付けることができれば、伝搬パラメータを考慮することにより秘匿性の高い通信が実現できる。さらにパラメータ数を増やし多次元パラメータにより伝搬チャネルの特性を表現すれば、この独自性はさらに強められると考えられる。

しかしながら、無線局間の伝搬チャネルから推定される伝搬パラメータを考慮した無線通信を行う場合、秘匿性を高めるためにパラメータ数を増やしたりパラメータの推定精度を向上させようとする、信号処理量を増加させるだけでなく、ハードウェアに対して高い精度が要求されるという問題がある。

また、暗号化に用いる共通鍵を上記伝搬パラメータに基づいて生成する場合には、2つの無線局それぞれにおいて伝搬パラメータの推定と鍵生成の処理を実行する必要がある、例えば基地局と端末間の通信を想定すると、特にアプリケーションやインターフェースの高機能化が進む通信端末に対して、信号処理量の増加と、推定精度を確保するためにハードウェア精度の向上を要求しなければならないという問題がある。

発明の開示

本発明は、これら従来の問題を解決するものであり、通信を行う特定の無線局間の伝搬チャネルを特徴付ける伝搬パラメータの推定を行った後に、この伝搬パラメータを用いた暗号化等の処理を行うことなしに、通信路において秘匿性が要求されるデータが第3に漏洩することを防ぐことができる送信装置および無線通信方法を提供することを目的とする。

本発明に係る無線通信方法は、アレーアンテナを有する無線局が無線により、通信したい特定の無線局に対してデータを伝送する際に、無線局間の伝搬チャネルを特徴付けるベクトル空間を用いて、通知したいデータの他に複数のデータをベクトル多重により同時に送信する。通信相手の特定の無線局では所望の通知したいデータ系列のみがアレーアンテナ利得により一定の回線品質を確保して受信され、さらに第三者である

他の無線局においては通知したいデータの他に複数のデータが同時に受信されるようにする。これにより、第三者である他の無線局は、干渉信号成分となる複数のデータを含む、つまりSINR (Signal to Interference and Noise Ratio) が劣化した信号を受信するようになるため、復調される信号系列の誤り発生確率が高まり、特定の無線局間で伝送される特定のデータを抽出して正しく復元することが困難になる。

このように、通信を行う特定の無線局間の伝搬チャネルを特徴付ける伝搬パラメータ推定を行った後に、この伝搬パラメータを用いた暗号化等の処理を行うことなしに、無線通信の伝搬路において秘匿性が要求されるデータ系列が第三者に漏洩することを防ぐことができる。

本発明に係る送信装置は、 M ($M > 1$) 素子のアレーアンテナを有する第1の無線局から第2の無線局に対して情報シンボル系列を伝送するための送信装置であり、前記第1の無線局と前記第2の無線局との間の伝搬チャネルを特徴付ける伝搬パラメータに基づいて、複数の N ($N < = M$) 次元ベクトルを生成するベクトル制御手段と、前記情報シンボル系列を含む複数のシンボル系列に対して前記複数の N 次元ベクトルを乗算して多重化した N 個のベクトル多重シンボル系列を生成するベクトル多重化手段とを有し、前記ベクトル制御手段が、第2の無線局において複数の前記シンボル系列の内、特定のシンボル系列のみ受信され、他のシンボル系列は打ち消されるように設定した前記ベクトル多重シンボル系列を前記アレーアンテナより送信することを特徴としたものである。

これにより、前記情報シンボル系列を伝送する前記第1の無線局と前記第2の無線局ではない他の無線局が存在する場合に、前記他の無線局

において前記複数のシンボル一部またはすべてが受信されるようになり、前記他の無線局が前記情報シンボル系列を復元することが困難となるため、情報の漏洩を防ぐことになり通信のセキュリティを確保できる。

また、本発明に係る送信装置は、さらに、前記伝搬パラメータとして
5 伝搬チャネル行列を生成する伝搬チャネル解析手段を有し、前記ベクトル制御手段は前記伝搬チャネル行列を特異値分解することにより得られる複数の N 次元ベクトルを生成することを特徴としたものである。

これにより、前記第2の無線局が前記情報シンボル系列を他のシンボル系列の干渉を受けずに受信することが可能となるため、無線回線の通信品質を改善できる。
10

また、本発明に係る送信装置は、さらに、前記伝搬パラメータとして伝搬チャネル行列を生成する伝搬チャネル解析手段を有し、前記ベクトル制御手段は前記伝搬チャネル行列の相関行列を固有値分解することにより得られる複数の N 次元ベクトルを生成することを特徴としたものである。
15

これにより、前記第1の無線局が有する前記 M 素子アレーアンテナの利得を前記伝搬チャネルにおいて最大とすることが可能となるため、無線回線のリンクバジェットを改善できる。

また、本発明に係る送信装置は、さらに、前記通信端末も既知の基準
20 シンボルを生成する基準シンボル生成手段と、前記通信端末から送信された伝搬パラメータに関する情報を受信し、前記伝搬パラメータを求める伝搬チャネル情報受信手段とを有し、前記伝搬パラメータに関する情報は、前記通信端末が当該基地局から送信された前記基準シンボルから求めた伝搬パラメータから生成されたものであることを特徴としたもの

である。

これにより、基地局のアレーアンテナから見た通信端末のアンテナに対する伝搬チャネルの情報を正確に得ることができるので、下り回線と上り回線の非対称性が無視できないような条件においても性能を維持することができる。

また、本発明に係る送信装置は、前記複数のシンボル系列の一部またはすべてが互いに異なる変調方式によってシンボルマッピングされていることを特徴としたものである。

これにより、前記第 1 の無線局と前記第 2 の無線局ではない他の無線局では、前記情報シンボル系列とは異なる変調がかかった他のシンボル系列の一部またはすべてが受信されるようになるため、前記情報シンボル系列と他のシンボル系列間の信号相関を低下させ、前記情報シンボル系列が前記他の無線局で復調される確率を低減させることができる。

また、本発明に係る送信装置は、前記複数のシンボル系列の一部またはすべてが互いに異なる符号系列によって符号拡散されていることを特徴としたものである。

これにより、符号系列を可変することが容易に行える構成であることから、仮に前記伝搬チャネルが前記第 1 の無線局と他の無線局間の伝搬チャネルに対して高い相関特性を持つような伝搬路状況が存在しても、前記情報シンボル系列に用いる符号系列を適当に可変することで、前記情報シンボル系列が前記他の無線局において復調されないように制御できる。

本発明に係る無線通信方法は、通信端末から M 素子のアレーアンテナを有する基地局に対して、当該基地局が既知である基準シンボルからな

る基準信号を送信するステップと、前記基地局が、受信した前記M個の基準シンボルから前記通信端末と当該基地局との間の伝搬パラメータを算出し、それを用いて複数のN次元ベクトルを生成するステップと、前記基地局が、通知すべき情報シンボル系列を含む複数のシンボル系列に
5 対して、通信端末において前記通知すべき情報シンボル系列のみ受信され、他の情報シンボル系列は打ち消されるように設定した前記複数のN次元ベクトルを乗算し、多重化したN個のベクトル多重シンボル系列を生成するステップと、前記基地局から前記通信端末へ、前記ベクトル多重シンボル系列を送信するステップとを有する。

10 これにより、携帯電話やWLANに代表される移動通信システムにおいて、前記通信端末の位置や周囲の環境などが時間と共に変動することによって生じる前記伝搬チャネルの特性の時間的变化に追従するため、前記基地局が、前記通信端末から送信された前記基準信号を用いて前記伝搬チャネルを特徴付ける伝搬パラメータを解析し、その解析結果に基づいたベクトル多重化処理により得られる前記ベクトル多重シンボル系
15 列を用いて特定のシンボル系列を前記通信端末に向けて送信するため、前記伝搬チャネルの特性が変化する移動通信システムにおいて、前記他の無線局が前記情報シンボル系列を復元することが困難となるため、情報の漏洩を防ぐことになり通信のセキュリティを確保できる。

20 また、本発明に係る無線通信方法は、M素子のアレーアンテナを有する基地局から通信端末に対して、当該通信端末が既知である基準シンボルからなる基準信号を送信するステップと、前記通信端末が、受信した前記基準信号から当該通信端末と前記基地局との間の伝搬パラメータを含む伝搬チャネル情報シンボル系列を生成するステップと、前記通信端

末から前記通信端末へ、前記伝搬チャネル情報シンボル系列を送信するステップと、前記基地局が、受信した前記伝搬チャネル情報シンボル系列から前記伝搬パラメータを算出し、その解析結果を用いて複数のN次元ベクトルを生成するステップと、前記基地局が、通知すべき情報シンボル系列を含む複数のシンボル系列に対して、通信端末において前記通知すべき情報シンボル系列のみ受信され、他の情報シンボル系列は打ち消されるように設定した前記複数のN次元ベクトルを乗算し多重化したN個のベクトル多重シンボル系列を生成するステップと、前記基地局から前記通信端末へ、前記ベクトル多重シンボル系列を送信するステップとを有する。

これにより、前記第2の無線局が前記伝搬チャネルを特徴付ける前記伝搬パラメータの解析結果を前記第1の無線局に対してフィードバックするようにしたため、前記伝搬チャネルが送受信で非対称性になると場合として、例えば送受信で異なる周波数を利用する無線通信システムにおいても、高いセキュリティを確保して通信できる。

以上のように本発明に係る無線通信方法によれば、特定の無線局間では、所望のデータ系列のみを一定の回線品質を確保して送受信し、第三者である他の無線局においては、所望のデータ系列の他に複数のデータ系列が重畳されて同時に受信されるようになる。これにより、通信路において秘匿性が要求されるデータ系列が第三者に受信されることを防ぐことが可能になり、無線通信路における高度なセキュリティを確保できる。

また、特定の無線局間で確立されている無線回線にとって、干渉と成り得る他の無線局から送信データ系列を、所望のデータ系列と分離して

送受信できるようになり、複数ユーザのアクセスを許容する無線通信システムにおいて耐干渉性能を向上できる。

また、本発明は、通信を行う特定の無線局間の伝搬チャネルを特徴付ける多次元の伝搬パラメータの推定を行った後に、この伝搬パラメータを用いた暗号化等の処理を行うことがないので、信号処理量を増加させたり、ハードウェアに対して高い精度を要求することもない。

図面の簡単な説明

図 1 は、本発明の実施の形態 1 に係る無線通信システムの構成を示すブロック図である。

図 2 は、本発明の実施の形態 1 に係る無線通信システムの特長を示す概念図である。

図 3 は、本発明の実施の形態 1 に係る基地局の構成を示すブロック図である。

図 4 は、本発明の実施の形態 1 に係る通信端末の構成を示すブロック図である。

図 5 は、本発明の実施の形態 1 に係る基準シンボルの送信フレーム構成を示す図である。

図 6 は、本発明の実施の形態 1 に係るマルチシンボル生成手段の構成を示すブロック図である。

図 7 は、本発明の実施の形態 1 に係る通信のフレーム構成を示す図である。

図 8 は、本発明の実施の形態 1 に係る通信のフレーム構成を示す図である。

図 9 (a) 乃至 (c) は、本発明の実施の形態 1 に係る受信信号波形を示す図である。

図 10 は、本発明の実施の形態 1 に係る通信データの漏洩率を示す図である。

5 図 11 は、本発明の実施の形態 1 に係る通信の手続きを示す図である。

図 12 は、本発明の実施の形態 2 に係る基地局の構成を示すブロック図である。

図 13 は、本発明の実施の形態 2 に係る通信端末の構成を示すブロック図である。

10 図 14 は、本発明の実施の形態 2 に係る通信のフレーム構成を示す図である。

図 15 は、本発明の実施の形態 2 に係る通信のフレーム構成を示す図である。

15 図 16 は、本発明の実施の形態 2 に係る通信のフレーム構成を示す図である。

図 17 は、本発明の実施の形態 2 に係る通信の手続きを示す図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。

20 (実施の形態 1)

図 1 は、本発明の無線通信システム 100 の全体構成を示すブロック図である。図において、無線通信システム 100 は、基地局 101、通信 102 端末、および基地局 101 と通信端末 102 との間の伝搬チャネル 103 とから構成される。また、基地局 101 は、基地局送受信部

104と基地局アレーアンテナ105とを有し、通信端末102は、端末アンテナ106と端末送受信部107とを有している。そして、基地局101より送信されるK個のデータ系列 $D_1 \sim D_K$ は、このデータ系列 $D_1 \sim D_K$ のベクトル化信号 $x_1 \sim x_K$ として基地局アレーアンテナ
5 105から通信端末102に対して送信される。

図2は、無線通信システム100において伝送データのセキュリティ確保を実現するシステムの動作原理を示している。図2において、基地局101は通信端末102へ伝搬チャネル103を介してベクトル化信号 $x_1 \sim x_K$ を送信するものであるが、非通信端末200はその基地局
10 101からのデータの漏洩を防ぎたい対象であり、基地局に対して空間的な位置が通信端末102とは異なるものである。また、伝搬チャネル201は基地局101と非通信端末間の伝搬チャネルを示す。一般に、建物が密集する都市内や壁に囲まれた屋内の電波伝搬環境下では、マルチパス伝搬により、基地局に対して空間的な位置が異なる複数の通信端
15 末との間の伝搬チャネルは互いに異なる特性を示す。特に、通信端末の場所の移動や時間の経過に伴って生じる受信信号の複素包絡線変動の確率分布はレーリー分布によってモデル化することができることが知られており、異なる通信端末の間では受信信号の変動特性が無相関になる。

本実施の形態の無線通信システム100では、基地局101は、データ系列 $D_1 \sim D_K$ を伝搬チャネル103に基づいて基地局アレーアンテナ105よりベクトル多重化して同時に送信する。いま、このベクトル多重化された送信信号が伝搬チャネル103を介して通信端末102へ送信したときに、通信端末102がデータ系列 D_1 のベクトル化信号 x_1 を高感度で受信するように制御したとき、非通信端末200では、デ

ータ系列D 1 のベクトル化信号 x_1 の他に、データ系列D 2 ~ D K のベクトル化信号 $x_2 \sim x_K$ の一部またはすべてが同時に受信されるようになる。これは、伝搬チャネル 2 0 1 が伝搬チャネル 1 0 3 とはほぼ無相関な特性を示すので、通信端末 1 0 2 が予め x_1 を伝搬チャネル 1 0 3 に対して相関が高くなるように制御し、一方でベクトル化信号 $x_2 \sim x_K$ を伝搬チャネル 1 0 3 に対して相関が低くなるように制御することにより、ベクトル化信号 x_1 よりもベクトル化信号 $x_2 \sim x_K$ が伝搬チャネル 2 0 1 に対する相関が統計的に高くなるように制御されることになる。したがって、基地局がデータ系列D 1 の情報を通信端末 1 0 2 へ伝えたいときに、予めデータ系列D 1 と異なる情報をデータ系列D 2 ~ D K に対して与えておけば、非通信端末 2 0 0 においてはデータ系列D 1 のみを受信してその情報を復元することが困難になる。

以下では、基地局 1 0 1 が複数のデータ系列をベクトル多重化して送信することにより、非通信端末 2 0 0 に対する情報の漏洩を防ぎ、基地局 1 0 1 と通信端末 1 0 2 との間の無線回線における通信のセキュリティを確保することができる無線通信システム 1 0 0 について、図 3 ~ 図 1 1 を用いて詳細に説明する。

図 3 は、基地局 1 0 1 における基地局送受信部 1 0 4 と基地局アレーアンテナ 1 0 5 との構成を示している。図において、基地局送受信部 1 0 4 は、マルチシンボル生成手段 3 0 0、ベクトル多重化手段 3 0 1、基地局 R F 部 3 0 2、伝搬チャネル解析手段 3 0 3、送信ベクトル制御手段 3 0 4、およびアレー合成受信手段 3 0 5 によって構成される。また、基地局アレーアンテナ 1 0 5 は、M 本のアンテナ素子 $A_1 \sim A_M$ によって構成される。

図 4 は、通信端末 1 0 2、2 0 0 における端末送受信部 1 0 7 の構成を示す。図 4 において、端末送受信部 1 0 7 は、基準シンボル生成手段 4 0 0、シンボル生成手段 4 0 1、端末 R F 部 4 0 2、および復号手段 4 0 3 によって構成される。

5 本実施の形態では、はじめに、通信端末 1 0 2 から基準信号 x 0 を端末アンテナ 1 0 6 より送信する。この基準信号 x 0 は、基地局 1 0 1 において伝搬チャネル 1 0 3 を解析するために受信されるもので、基地局 1 0 1 と通信端末 1 0 2 との間で予め共有されている参照信号を含んでいる。

10 はじめに、通信端末 1 0 2 の送信動作について図 4 を用いて以下に説明する。

図 4 において、基準シンボル生成手段 4 0 0 は、基地局 1 0 1 と通信端末 1 0 2 との間で予め決められた特定の基準シンボル R 0 を生成し、シンボル生成部 4 0 1 へ送出する。シンボル生成手段 4 0 1 は、受け取った基準シンボル R 0 と、必要であれば図 5 に示すパイロットシンボル P 0、アドレスシンボル A 0、変調方式に基づいてシンボルマッピングされたデータ系列 D 0 にフレームチェックシンボル $F C$ 0 を付加した送信フレーム 5 0 0 とを構成し、シンボル系列 S 0 として端末 R F 部 4 0 2 へ出力する。端末 R F 部 4 0 2 は、シンボル系列 S 0 を無線周波数帯
15 の信号へと変換し、基準信号 x 0 として端末アンテナ 1 0 6 より基地局 1 0 1 へ送信する。

なお、図 5 において、受信時には主に、基準シンボル R 0 は基準シンボルとして、パイロットシンボル P 0 はフレーム同期の確立として、アドレスシンボル A 0 は端末の認証として、フレームチェックシンボル F

C 0は受信時のビット誤り検出用として使用される。また、シンボルマッピングされたデータ系列D 0は送信時の必要に応じて挿入されるものとする。ただし、シンボル系列S 0が伝搬チャネル1 0 3の解析という目的だけに使用される場合には、基準シンボルR 0のみを送信する構成
5 としても良い。また、基地局1 0 1が、基地局アレーアンテナ1 0 5における各アンテナ素子A 1～A Mの受信信号から到来波の方向や偏波を推定し、その結果に基づいて伝搬チャネル1 0 3を算出する場合には、必ずしも通信端末1 0 2から基準シンボルR 0を送信する必要はない。

次に、基地局1 0 1の受信動作について図3を用いて以下に説明する。

- 10 図3において、端末アンテナ1 0 6より送信された基準信号x 0は、伝搬チャネル1 0 3を介して基地局アレーアンテナ1 0 5で受信される。基地局アレーアンテナ1 0 5の各アンテナ素子A 1～A Mの受信信号は基地局R F部3 0 2において、夫々ベースバンド信号である受信シンボル系列Y 1～Y Mへと変換され、伝搬チャネル解析手段3 0 3へ出力さ
15 れる。伝搬チャネル解析手段3 0 3は、この受信シンボル系列Y 1～Y Mを入力とし、伝搬チャネル1 0 3を特徴付ける伝搬パラメータとして伝搬チャネル行列Hを生成する。この伝搬チャネル行列Hを構成する各要素は、受信シンボル系列Y 1～Y Mに含まれる基準シンボルR 0成分の振幅および位相から算出される複素チャネル係数h 1～h Mであり、
20 伝搬チャネル行列Hは（式1）のように表記される。

$$H = [h_1 \quad h_2 \quad \cdots \quad h_M] \quad (1)$$

尚、ここでは伝搬チャネル行列Hの算出方法として既知信号である基

準シンボルR 0を用いる方法について説明したが、基地局アレーアンテナ105の各アンテナ素子A 1～A Mの受信信号に基づいて到来波の周波数、遅延時間、入射方向、偏波のいずれかまたはすべてを推定し、その結果に基づいて伝搬チャネル行列Hを推定することも可能である。

- 5 次に、ベクトル制御手段304は、この伝搬チャネル行列Hを入力として、伝搬チャネル行列Hを特異値分解または固有値分解することにより、送信時のベクトル空間Vと受信時のベクトル空間V'を生成する。ここで、Hより求められるベクトル空間Vは、(式2)に示すようにM行(M次元)でK(K≤M)個の列ベクトルからなる行列空間であり、
- 10 またベクトル空間V'は、(式3)に示すようにM行(M次元)でL(L≤M)個の列ベクトルからなる行列空間で構成されるものとする。

$$\begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ \vdots \\ V_K \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_{11} & V_{21} & \cdots & V_{M1} \\ V_{12} & V_{22} & \cdots & V_{M2} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ V_{1K} & V_{2K} & \cdots & V_{MK} \end{bmatrix}^T \quad (2)$$

$$\begin{bmatrix} V'_1 \\ V'_2 \\ \vdots \\ V'_L \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V'_{11} & V'_{21} & \cdots & V'_{M1} \\ V'_{12} & V'_{22} & \cdots & V'_{M2} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ V'_{1L} & V'_{2L} & \cdots & V'_{ML} \end{bmatrix}^T \quad (3)$$

- 15 ただし、Tは行列に対する転置の作用を表す。

以下にベクトル空間Vの算出手順を説明する。はじめに、特異値分解による算出手順を説明する。

(式4)は、(式1)で示した伝搬チャネル行列Hの特異値分解を示

している。

$$H = U \cdot \Delta \cdot V_s^H \quad (4)$$

- 5 ただし、(式4)の右辺について、 Δ はHの特異値を行列要素に持つ1行M列の行列であり、また V_s はM行(M次元)でM個の互いに直交する列ベクトル $v_{s1} \sim v_{sM}$ によって構成されているベクトル空間であり、それぞれ(式5)～(7)のように表すことができる。

また、 V_s^H は行列 V_s の複素共役転置をとった行列を示している。

- 10 さらに、Hが1行M列の行列であるため特異値は1個だけ求められ、ここではそれを δ とする。

$$U = 1 \quad (5)$$

$$\Delta = [\delta \quad 0 \quad \dots \quad 0]^T \quad (6)$$

15 $V_s = [v_{s1} \quad v_{s2} \quad \dots \quad v_{sM}] \quad (7)$

次に、固有値分解を用いる場合について説明する。ベクトル制御手段304は、はじめに、(式1)の伝搬チャネル行列Hの相関行列Rを(式8)を用いて算出する。

20

$$R = H^* \cdot H \quad (8)$$

ただし、 $*$ は行列に対する複素共役転置の作用を表す。(式9)に示すように、相関行列Rを固有値分解し、固有値を対角項に持つM行M列

の正方行列 λ とベクトル空間 V_e を算出する。

$$R \cdot V_e = \lambda \cdot V_e \quad (9)$$

5 ここで、 V_e は M 行（ M 次元）で M 個の互いに直交する列ベクトル
 $v_{e1} \sim v_{eM}$ によって構成されているベクトル空間であり、 λ は前述
した Δ の各要素を二乗した値を対角項に持ち他の要素はすべて0となる
 M 行 M 列の行列である。

さらに、ベクトル制御手段304は、特異値分解によって得られる V
10 s または固有値分解によって得られる V_e を構成する M 個の列ベクトル
から K 個の列ベクトルを選択し送信時のベクトル空間 V として出力し、
また L 個の列ベクトルを選択し受信時のベクトル空間 V' として出力す
る。

次に、基地局101におけるデータ系列 $D_1 \sim D_K$ の送信動作につい
15 て説明する。

図6に示すように、基地局送受信部104のマルチシンボル生成手段
300は、 K 個の符号化手段600-1 \sim 600- K 、およびフレーム
生成手段601-1 \sim 601- K により構成される。はじめに、符号化
手段600-1 \sim 600- K は、データ系列 $D_1 \sim D_K$ を入力とし、変
20 調方式に応じて複素平面上にシンボルマッピング処理を実行する。さら
に、フレーム生成手段601-1 \sim 601- K は、図7に示すようにシ
ンボルマッピングされたデータ系列 $D_1 \sim D_K$ に、フレーム同期用のパ
イロットシンボル $P_1 \sim P_K$ 、情報源を識別するためのアドレスシンボ
ル $A_1 \sim A_K$ 、および受信時のビット誤り検出用のフレームチェックシ

ンボル $FC1 \sim FC_K$ を付加して、送信フレーム $700-1 \sim 700-K$ を生成し、ベクトル多重化手段へ出力する。

ベクトル多重化手段 301 は、この送信フレーム $700-1 \sim 700-K$ からなるシンボル系列 $S1 \sim SK$ を入力とし、ベクトル制御手段 304 で生成されたベクトル $v1 \sim v_K$ で構成されるベクトル空間 V を用いて、(式 10) に示すようなベクトル多重化の処理を実行し、ベクトル多重シンボル系列 $X1 \sim XM$ を生成する。

$$[X1 \quad X2 \quad \dots \quad XM]^T = [S1 \quad S2 \quad \dots \quad SK] \cdot V \quad (10)$$

10

このベクトル多重シンボル系列 $X1 \sim XM$ は、図 8 に示すような M 個のベクトル多重された送信フレーム $800-1 \sim 800-M$ で構成されており、これらの各々が基地局アレーアンテナ 105 を構成するアンテナ素子 $A1 \sim AM$ に対応付けられて送信される。

15 基地局 RF 部 302 は、ベクトル多重シンボル系列 $X1 \sim XM$ を各々無線周波数帯域の信号に変換し、変換された送信信号が基地局アレーアンテナ 105 を構成するアンテナ素子 $A1 \sim AM$ より通信端末 102 に送信される。

次に、通信端末 102 の受信動作について図 4 を用いて以下に説明する。

20

まず、通信端末 102 の端末送受信部 107 では、端末 RF 部 402 が端末アンテナ 106 の受信信号をベースバンド信号である受信シンボル系列 $Y0$ へ変換し、復号手段 403 へ出力する。復号手段 403 は、送信フレーム $700-1$ が受信されているものとし、受信シンボル系列

Y 0 を入力として、フレーム同期、情報源の認証、データ系列 D 1 の変調方式に基づいた復調、およびフレームエラーチェックの処理を実行し、データ系列 D 1 を復元して受信データ系列として出力する。

ここで、非通信端末 2 0 0 の受信信号である受信シンボル系列を Y 1
5 とし、基地局 1 0 1 と非通信端末 2 0 0 との間を特徴付ける伝搬チャネル行列を H 1 とするとき、通信端末 1 0 2 の受信信号である受信シンボル系列 Y 0 と Y 1 は、それぞれ以下のように数式で表すことができる。

$$Y 0 = H \cdot X + N 0 \quad (1 1)$$

10 $Y 1 = H 1 \cdot X + N 1 \quad (1 2)$

ただし、X はベクトル多重シンボル系列 X 1 ~ X M をベクトル表記したものであり、(式 1 0) を用いて次式のように表記する。

15
$$X = [S 1 \quad S 2 \quad \cdots \quad S K] \cdot V$$
$$= [S 1 \cdot v 1 \quad S 2 \cdot v 2 \quad \cdots \quad S K \cdot v K] \quad (1 3)$$

また、N 0 及び N 1 はそれぞれ受信シンボル系列 Y 0 と Y 1 含まれるノイズ成分を示している。したがって、(式 1 1) および (式 1 3) よ
20 り Y 0 は次式のようになる。

$$Y 0 = H \cdot (v 1 \cdot S 1 + v 2 \cdot S 2 + \cdots + v K \cdot S K) + N 0 \quad (1 4)$$

また、伝搬チャネル行列 H は、(式4)のように特異値分解されるため(式5)、(6)および(7)で示される特性に従って、次式のように表される。

$$5 \quad H \cdot v_k = \delta, \quad k=1=0, \quad k \neq 1 \quad (15)$$

さらに、(式14)において(式15)の条件を考慮すると Y_0 は次式のように表される。

$$10 \quad Y_0 = \delta \cdot S_1 + N_0 \quad (16)$$

ここで、ノイズ成分である N_0 の平均電力を P_{n0} とし、通信端末102における受信の $SINR$ を $SINR_0$ とすると、 $SINR_0$ は次式のように表すことができる。

15

$$SINR_0 = (\delta \cdot S_1)^2 / P_{n0} \quad (17)$$

これより、 $SINR_0$ は S_1 に対する送信電力つまり v_1 のノルムを制御することで適当な値に設定できることが示される。

20 同様にして、(式12)および(式13)を用いると Y_1 は次式のようになる。

$$Y_1 = H_1 \cdot (v_1 \cdot S_1 + v_2 \cdot S_2 + \cdots + v_K \cdot S_K) + N_1 \quad (18)$$

また、伝搬チャネル行列 H_1 とベクトル $v_1 \sim v_K$ との積を γ_k とするとき、次式のような関係が成り立つ。

$$5 \quad H_1 \cdot v_k = \gamma_k \quad (19)$$

さらに、(式18) および (式19) より Y_1 は次式のように表される。

$$10 \quad Y_1 = \gamma_1 \cdot S_1 + \gamma_2 \cdot S_2 + \dots + \gamma_K \cdot S_K + N_1 \quad (20)$$

ここで、ノイズ成分である N_1 の平均電力を P_{n1} とし、シンボル系列 S_1 の受信信号電力を非通信端末 200 における所望信号成分とする。

このとき、非通信端末 200 における受信の $SINR$ を $SINR_1$ と
15 すると、 $SINR_1$ は次式のように表すことができる。

$$SINR_1 = (\gamma_1 \cdot S_1)^2 / \{ (\gamma_2 \cdot S_2)^2 + \dots + (\gamma_K \cdot S_K)^2 + P_{n1} \} \quad (21)$$

移動通信環境では、端末間の距離がキャリア周波数の波長程度離れて
20 いれば、伝搬チャネルの無相関に近くづくことが一般的に知られている。
特にキャリア周波数の波長が数十センチメートル以下となるマイクロ波帯を利用した携帯電話や無線LAN等のシステムでは、端末間で観測される伝搬チャネルは互いに無相関であると近似することができる。例えばこのような移動通信の伝搬環境を想定すると、本実施の形態における

伝搬チャネル行列Hに対して直交するベクトル $v_2 \sim v_K$ は、伝搬チャネル行列H₁に対して相関を持つようになる。つまり、 $\gamma_2 \sim \gamma_K$ が零ではなくなることから、統計的に見れば

$$SINR_0 > SINR_1$$

5 が成り立つことになる。したがって、

(通信端末102における伝送路誤り率) < (非通信端末200の伝送路誤り率)

10 となるため、通信端末102と比較して非通信端末200が、シンボル系列S₁を誤り無しで復調しデータ系列D₁を復元できる確率が低くなる。

以上の説明ではベクトル制御手段304が、M行M列の伝搬チャネル行列Hを特異値分解または固有値分解することにより得られるベクトル空間VまたはV'を算出する場合について述べたが、これはベクトル空間Vを構成する列ベクトル v_1 に対して低相関となるような $v_2 \sim v_M$ を得るための処理の一例を示したに過ぎない。つまり、ベクトル制御手段304は、伝搬チャネル行列Hより列ベクトル v_1 に対して列ベクトル $v_2 \sim v_M$ が線形独立となるようなベクトル空間Vを算出するか、または列ベクトル v_1 に対して列ベクトル $v_2 \sim v_M$ が直交するようなベクトル空間を算出すれば良いため、その算出方法を限定するものではない。

次に、通信端末102と非通信端末200における復調特性の解析例として、データ系列D₁～D_Kに対する変調方式としてBPSKを用いた場合について図9を用いて説明する。

図9(a)乃至(c)は、基地局100と通信端末102および非通

信端末 2 0 0 が存在する場合のシミュレーション解析結果を示している。

図 9 (a) は、基地局 1 0 1 で生成されたデータ系列 D 1 の信号波形であり、図 9 (b) は、通信端末 1 0 2 における復調結果として得られた受信データ系列の信号波形であり、図 9 (c) は、非通信端末 2 0 0
5 における復調結果として得られた受信データ系列の信号波形である。このシミュレーションの条件としては、基地局アレーアンテナ 1 0 5 を構成するアンテナ素子数 M は 8、データ系列 D 1 のデータ数は 1 0 0、基地局 1 0 1 よりベクトル多重化して送信するデータ系列数はアンテナ素子数と同じ 8 とし、また、伝搬チャネル行列 H の各要素である $h_1 \sim h_8$
10 8 はレーリ確率分布にしたがって (式 2 2) を用いて生成する。

$$h_m = N(0, 1/2) + j * N(0, 1/2), \quad m = 1, \dots, 8$$

(2 2)

15 ただし、 $N(0, 1/2)$ は、平均が 0、標準偏差が $1/2$ の正規確率分布に従った乱数を生成する関数である。

 前述したように、基地局 1 0 1 ではベクトル多重化手段 3 0 1 において、データ系列 D 1 ~ D 8 に対するシンボル系列 S 1 ~ S 8 がベクトル $v_1 \sim v_8$ を用いてベクトル多重送信される。ベクトル $v_1 \sim v_8$ は、
20 基地局 1 0 1 と通信端末 1 0 2 間の伝搬チャネル 1 0 3 の特性を示す伝搬チャネル行列 H から算出され、互いに直交し、ベクトル v_1 だけが伝搬チャネル行列 H に対して高い相関を持つという特徴がある。したがって、図 9 (b) に示すように、ベクトル v_1 によってベクトル化されたデータ系列 D 1 は、通信端末 1 0 2 では正しく復調されるようになる。

一方で、非通信端末 200 と基地局 101 との間の伝搬チャネル 201 は、ベクトル $v_2 \sim v_8$ に対しても相関を有するためデータ系列 D1 に対するシンボル系列 S1 と同時にシンボル系列 S2 \sim SK も受信される。したがって、図 9 (c) に示すように、非通信端末 200 ではデータ系列 D1 を検出し正確に復元することが困難となるため、通信端末 102 に対して伝送されるべきデータ系列 D1 の非通信端末 200 に対する漏洩を防ぐことが可能となる。

次に、上述した非通信端末 200 に対するデータ系列 D1 の漏洩率を統計的に評価したシミュレーション結果について、図 10 を用いて説明する。伝搬チャネル行列 H は、図 9 の場合と同様にしてレイリー確率分布に基づいた (式 22) を用いて生成する。図 10 は、横軸が基地局アンテナ 105 のアンテナ素子数 M を、縦軸がデータの漏洩率を示している。ここでの漏洩率 Z は、伝搬チャネル 201 に対する伝搬チャネル行列 H を N 回更新したときにデータが漏洩したと見なされる回数 L を用いて、(式 23) により定義する。ここで、非通信端末 200 において、データ数 128 個のデータ系列 D1 がエラー無しで復調された場合に、データが漏洩したとみなすことにする。

$$Z = (L/N) \times 100 \quad [\%] \quad (23)$$

ただし、基地局 101 においてベクトル多重化されて送信されるデータ系列数 K はアンテナ素子数 M と一致する、つまり $K=M$ である条件の元で、(式 23) で定義される漏洩率を算出するものとする。

図 10 に示すように、アンテナ素子数 M が増加するにしたがってデー

タの漏洩率 Z は低下しており、 $M=8$ つまり基地局アレーアンテナ105のアンテナ素子数が8本のときは、データの漏洩率は0.1%が確保できる。すなわち、本実施の形態による無線通信システム100の構成を用いることにより、通信データに対して暗号化処理をしなくても、通信データの秘匿性を高めることができるという効果が得られる。

また、無線通信システム100を携帯電話やWLANなどの移動通信システムにおいて利用する場合、伝搬チャネル103の特性は、通信端末が移動することにより時間と共に変動するため、仮に非通信端末200がある場所において一定時間内は通信端末102に対する通信データを受信することができたとしても、連続して通信データを受信し続けることは非常に困難である。

なお、基地局101において符号化手段600-1~600-Kは、データ系列 $D_1 \sim D_K$ を同一の変調方式を用いてシンボルマッピング処理を行うとしたが、データ系列 $D_1 \sim D_K$ に対して異なる変調方式を用いてシンボルマッピング処理を実行し、シンボル情報の異なる複数のシンボル系列 $S_1 \sim S_K$ を生成するようにしても良い。また、符号化手段600-1~600-Kにおいて、データ系列 $D_1 \sim D_K$ に対して異なる符号系列を用いて符号拡散処理を行うことで、シンボル情報の異なる複数のシンボル系列 $S_1 \sim S_K$ を生成するようにしても良い。

このように、異なる変調方式や拡散符号を用いてシンボル系列 $S_1 \sim S_K$ を生成する場合、通信端末102において復号手段403が受信シンボル系列 Y_0 よりその変調方式や拡散符号を推定するか、予め変調方式や拡散符号を共有することで、通信端末102における復調処理が可能になる。また、復号手段403が変調方式や拡散符号を推定できるよ

うにすることで、基地局 101 において変調方式や拡散符号を時間の経過と共に変化させることにより、基地局アレーアンテナ 105 のアンテナ素子数 M を増加させることなく、非通信端末 200 へのデータ漏洩率を低下させることが可能となる。

- 5 なお、基地局 101 が通信端末 102 から送信されたデータ系列 D_0 を受信したときの処理については以下の通りである。

すなわち、アレー合成受信手段 305 は、受信シンボル系列 $Y_1 \sim Y_M$ と、ベクトル制御手段 304 において算出されたベクトル空間 V' とを入力として、(式 24) を用いて受信シンボル系列 $Y_1 \sim Y_M$ に対するベクトル空間 V' の重み付け合成処理を行いベクトル合成信号 $C_1 \sim C_L$ を得る。ここでは、ベクトル空間 V' としては前述した V_s または V_e の列ベクトルを選択して用いるものとする。

10

$$[C_1 \quad C_2 \quad \dots \quad C_L] = [Y_1 \quad Y_2 \quad \dots \quad Y_M] \cdot V' \quad (24)$$

15

(式 24) によって得られるベクトル合成信号 C_1 は通信端末 102 より送信された基準信号 x_0 を基地局アレーアンテナ 105 の指向性合成して得られた受信信号である。また、ベクトル合成信号 $C_2 \sim C_M$ には非通信端末 200 からの干渉信号成分が含まれている可能性があり、

20 ベクトル合成信号 C_1 とベクトル合成信号 $C_2 \sim C_M$ の信号電力から所望信号電力対干渉信号電力比を推定することができる。さらに、アレー合成受信手段 305 では、このベクトル合成信号 C_1 に対してフレーム同期、端末の認証、データ系列 D_0 の変調方式に基づいた復調、およびフレームエラーチェックの処理を実行し、データ系列 D_0 を復元し受信

データ系列として出力する。

また、受信時に用いるベクトル空間 V' として前述したような H の特異値分解や固有値分解によって得られる V_s や V_e を用いる代わりに、
MMSE (Minimum Mean Square Error) 法

5 [1]を用いた受信処理を行うことも可能である。

[1] B. Widrow, P. E. Mantey, L. J. Griffiths, and B. B. Goode, "Adaptive Antenna Systems", Proc. IEEE, vol. 55, no. 12, pp. 2143-2158, Dec. 1967.

この場合、伝搬チャネル解析手段 303 は受信シンボル系列 $Y_1 \sim Y_M$
10 M を入力とし、参照信号である基準シンボル R_0 の複素共役値である R_0' と $Y_1 \sim Y_M$ の相関ベクトル r を (式 25) に従って生成し、(式 8) により伝搬チャネル行列 H の相関行列 R を求めて、ベクトル制御手段 304 へ出力する。

$$15 \quad r = [Y_1 \ Y_2 \ \dots \ Y_M]^T \times R_0' \quad (25)$$

すると、ベクトル制御手段 304 は相関ベクトル r と相関行列 R を用いて、ベクトル v_1 を (式 26) を用いて算出し、最急降下法などを用いてその値を更新していく。

20

$$v_r = R^{-1} \cdot r \quad (26)$$

ただし、 R^{-1} は R の逆行列を表す。そして、この場合、アレー合成受信手段 305 は、受信シンボル系列 $Y_1 \sim Y_M$ とベクトル v_r を入力と

して、（式 27）を用いて $Y_1 \sim Y_M$ に対する v_r の重み付け合成処理によりベクトル合成信号 C_1 を生成する。

$$C_1 = [Y_1 \ Y_2 \ \dots \ Y_M] \cdot v_r \quad (27)$$

5

そして、このベクトル合成信号 C_1 に対して、フレーム同期、端末の認証、データ系列 D_0 の変調方式に基づいた復調およびフレームエラーチェックの処理を実行し、データ系列 D_0 を復元し受信データ系列として出力する。

10 以上のように構成されて動作する基地局 101 と通信端末 102 とを有する無線通信システム 100 における無線回線の同期確立からデータ伝送を完了するまでの流れを、通信手順の観点から図 11 を用いて説明する。

処理 0 : 基地局 101 と通信端末 102 の初期化

15 基地局 101 と通信端末 102 は共に、電源が投入された直後、或いは特定の信号を受けて初期状態にセットされる。同時に、周波数や時間同期などの状態は事前に定められた手順に従ってセットされる（ステップ S1101）。

これらの初期動作が終了した一定時間後、基地局 101 は一定時間毎
20 に制御情報を制御信号に載せて送信する（ステップ S1102）。

一方、通信端末 102 は初期動作（ステップ S1101）が終了した後、制御信号のサーチを始める。通信端末が基地局から送信した制御信号を受信すると、通信端末はその時刻や周波数などを検出してシステムが保有する時刻や周波数に同期する（以下、これを「システム同期」と

いう。) (ステップS 1 1 0 2)。システム同期が正常に終了した後、通信端末はその存在を基地局に通知するために登録要求信号を送信する (ステップS 1 1 0 3)。基地局 1 0 1 は、通信端末 1 0 2 からの登録要求に対して、登録許可信号を送信することで端末の登録許可を行う (ステップS 1 1 0 4)。

処理 1 : 通信端末 1 0 2 による基準シンボル送信

通信端末 1 0 2 は、前述したように、基地局 1 0 1 において伝搬チャネル 1 0 3 を解析するための基準シンボル R 0 を含む基準信号 X 0 を出力する (ステップS 1 1 0 5)。具体的には、通信端末 1 0 2 の基準シンボル生成手段 4 0 0 が予め決められた特定の基準シンボル R 0 を生成し、そして、送信フレーム F 0 を構成し、シンボル系列 S 0 として出力する。端末 RF 部 4 0 2 は、シンボル系列 S 0 を無線周波数帯の信号へと変換し、基準信号 x 0 として端末アンテナ 1 0 6 より送信する (ステップS 1 1 0 5)。

基地局 1 0 1 では、通信端末 1 0 2 から伝搬チャネル 1 0 3 を介して基地局アレーアンテナ 1 0 5 で受信される基準信号 x 0 を待っており (ステップS 1 1 0 5)、各アンテナ素子 A 1 ~ A M の受信信号は基地局 RF 部 3 0 2 において、夫々ベースバンド信号である受信シンボル系列 Y 1 ~ Y M へと変換される。伝搬チャネル解析手段 3 0 3 は、受信シンボル系列 Y 1 ~ Y M を入力とし、伝搬チャネル 1 0 3 を特徴付ける伝搬パラメータとして伝搬チャネル行列 H を生成する。次にベクトル制御手段 3 0 4 は、H のベクトル空間 V を算出し、このベクトル空間 V を構成する列ベクトル $v_1 \sim v_K$ を生成する。

処理 2 : 基地局 1 0 1 によるベクトル化信号送信

基地局 101 は、通信端末 102 に対して、基地局アレーアンテナ 105 を用いてベクトル化信号 $x_1 \sim x_K$ を送信する（ステップ S1106）。具体的には、データ系列 $D_1 \sim D_K$ を入力とし、マルチシンボル生成手段 300 が変調方式に応じて複素平面上にシンボルマッピング処理を実行して送信フレーム $700-1 \sim 700-K$ を構成し、シンボル系列 $S_1 \sim S_K$ として出力する。ベクトル多重化手段 301 は、シンボル系列 $S_1 \sim S_K$ を入力として、ベクトル $v_1 \sim v_K$ を用いたベクトル多重化の処理を実行し、ベクトル多重シンボル系列 $X_1 \sim X_M$ を生成する。ベクトル多重シンボル系列 $X_1 \sim X_M$ は、これら各々が基地局アレーアンテナ 105 を構成するアンテナ素子 $A_1 \sim A_M$ に対応付けられて送信される。基地局 RF 部 302 は、このベクトル多重シンボル系列 $X_1 \sim X_M$ を各々無線周波数帯域の信号に変換し、ベクトル化信号 $x_1 \sim x_K$ として基地局アレーアンテナ 105 より送信する。

以下、処理 2 のベクトル多重通信や通常の通信を繰り返す。

15 以上の説明において、初期化作業である処理 0 について説明を行ったが、これは一般的な運用を想定したものであり、本発明に必要な手続きではない。

また、処理 1 で基準信号を送信することにより、伝搬チャネルを解析するとしたが、これは一般に既知信号を用いた方が伝搬パラメータを高精度に推定できるためであって、伝搬チャネルの解析は特に基準信号を用いなくても可能である。換言すれば、例えば処理 0 で行っている制御信号や、登録要求信号や登録許可信号などを利用して伝搬パラメータの推定を行うこともできる。

なお、本発明は、特定の通信端末 102 と基地局 101 との間の伝搬

チャネル 1 0 3 の特性を利用して、複数のデータ系列をベクトル多重化して送信することを特徴としているため、基地局や通信端末の移動が発生すると、問題が生ずる場合がある。しかし、この場合は、図 1 1 に示したステップ S 1 1 0 7、ステップ S 1 1 0 8 のように、移動後に繰り
5 返し基準信号の送受信を行うことで、この問題を回避することが可能である。

以上のように、本発明に係る無線通信方法は、無線伝送路の誤り率特性を決める伝搬チャネルの S I N R を制御することにより、互いにデータ伝送する特定の無線局間では一定以上の受信 S I N R を確保しながら、
10 同時に、第三者の受信 S I N R を劣化させることで、第三者が復調する信号系列の誤り発生確率を高めることにより、無線の通信路において秘匿性が要求されるデータが第三者に漏洩することを防ぐことができる。

また、本発明に係る送信装置は、伝搬チャネル行列 H の推定精度が劣化すると通信端末に対する S I N R の劣化を生じるが、非通信端末に対する S I N R の確率的な分布特性を変えるものではない。すなわち、通信
15 端末 1 0 2 に対する S I N R が受信感度点以上となる条件が保証されていれば、データの漏洩率を増加させることはない。従って、伝搬パラメータによる暗号鍵生成に関する従来技術が伝搬パラメータの推定精度に直接依存する点と比較すると、移動通信環境のような複雑、かつ常に
20 時間変動がある電波伝搬環境において、本発明の送信装置はデータ伝送のロバスト性を確保した上で、通信の物理層においてデータの漏洩を防ぎ、その結果として高いセキュリティを確保できる。

さらに、これらの処理は基本的に、従来の算術的な手法を用いた暗号化、復号化とは独立して行うことが可能である。このため、従来技術に

加えて本発明を実施することで、より高いセキュリティを期待することができる。

(実施の形態 2)

本実施の形態について、図 1 および図 1 2 ～ 図 1 6 を用いて説明する。

- 5 本実施の形態のシステム全体構成は、実施の形態 1 と同じく、図 1 に示す無線通信システム 1 0 0 である。図 1 2 は、基地局 1 0 1 の構成を示すブロック図であり、基準シンボル生成手段 1 2 0 0、および伝搬チャネル情報受信手段 1 2 0 1 を有する点が実施の形態 1 と異なる。この基準シンボル生成手段 1 2 0 0 は基地局 1 0 1 と通信端末 1 0 2 との間
- 10 で予め共有されている参照信号を含み、伝搬パラメータを算出するための基準シンボルを生成するものであり、伝搬チャネル情報受信手段 1 2 0 1 は基地局 R F 部 3 0 2 からの受信シンボル系列を入力として、フレーム同期、情報源の認証、伝搬チャネル情報シンボル系列の復調およびフレームエラーチェックの処理を実行し、伝搬チャネル行列を生成する
- 15 ものである。

- 図 1 3 は、通信端末 1 0 2 の構成を示すブロック図であり、伝搬チャネル解析手段 1 3 0 0、および符号化手段 1 3 0 1 を有する点が実施の形態 1 と異なる。この伝搬チャネル解析手段 1 3 0 0 は、受信シンボルを用いて伝搬パラメータとして伝搬チャネル行列 H を生成するものであ
- 20 り、符号化手段 1 3 0 1 は伝搬チャネル行列のデータに無線伝送するために必要なシンボルマッピングの処理を実行して伝搬チャネル情報シンボル系列を生成するものである。

以上のように構成された無線通信システム 1 0 0 について、以下では、主に実施の形態 1 と異なる点に関して図 1、図 1 2、および図 1 3 を用

いて詳細に説明する。

はじめに、基地局 101 から、基準シンボルを含む送信信号 $x'1 \sim x'M$ を基地局アレーアンテナ 105 の各アンテナ素子 $A1 \sim AM$ より送信する。この基準シンボルを含む送信信号 $x'1 \sim x'M$ は、通信端
5 末 102 において伝搬チャネル 103 を解析するために受信されるもので、基地局 101 と通信端末 102 との間で予め共有されている参照信号を含む。

図 12 において、基準シンボル生成手段 1200 は、基地局 101 と通信端末 102 との間で予め決められた特定の基準シンボル $R1 \sim RM$
10 を生成し、ベクトル多重化手段 301 へ出力する。ベクトル多重化手段 301 は、シンボル系列 $S1 \sim SK$ にベクトル空間 V を用いてベクトル多重化の処理を行ったベクトル多重シンボル系列 $X1 \sim XM$ に対して、この基準シンボル $R1 \sim RM$ を挿入したベクトル多重シンボル系列 $X'1 \sim X'M$ を生成する。ここでは、基準シンボル $R1 \sim RM$ は互いに直
15 交するかまたは相関が低くなるような異なる符号系列より生成されるものとする。なお、図 14 に、ベクトル多重化手段 301 がベクトル多重シンボル系列 $X1 \sim XM$ に対して互いに異なる基準シンボル $R1 \sim RM$ を挿入した送信フレーム 1400-1 \sim 1400-M の構成例を示す。

ここで、データ系列 $D1 \sim DK$ は必要に応じて挿入されるため、ベク
20 トル多重シンボル系列が伝搬チャネル 103 の解析という目的だけに使用される場合には、基準シンボル $R1 \sim RM$ のみを送信するフレーム構成としても良い。

また、図 15 に、ベクトル多重化手段 301 がベクトル多重シンボル系列 $X1 \sim XM$ に対して、基準シンボル $R1$ のみを挿入した送信フレー

ム 1 5 0 0 - 1 ~ 1 5 0 0 - M の構成例を示す。送信フレーム 1 4 0 0 - 1 ~ 1 4 0 0 - M が互いに異なる符号系列より生成された基準シンボル R 1 ~ R M を用いるのに対して、図 1 5 に示すフレーム構成は、夫々のフレームにおいて時間的にシフトした位置に基準シンボル R 1 を挿入
5 するようにしたものであり、アンテナ素子数 M と同数の符号系列を用いて基準シンボル R 1 ~ R M を生成する必要がない。

以上のようにして、ベクトル多重化手段 3 0 1 で生成された送信フレーム 1 4 0 0 - 1 ~ M または 1 5 0 0 - 1 ~ M で構成されるベクトル多重シンボル系列 X' 1 ~ X' M は、基地局 R F 部 3 0 2 においてシンボル
10 ル系列 S 1 ~ S M を無線周波数帯の信号へと変換され、基準シンボル R 1 ~ R M を含む送信信号 x' 1 ~ x' M として、基地局アレーアンテナ 1 0 5 を構成するアンテナ素子 A 1 ~ A M に対応付けられて送信される。

次に、通信端末 1 0 2 において、受信した基準シンボルを含む信号を基に、伝搬チャネル 1 0 3 を解析する。その後、通信端末 1 0 2 はその
15 結果を基地局 1 0 1 へ送信する。この解析方法と、その解析結果を基地局 1 0 1 に対してフィードバックする手順について以下に説明する。

基地局アレーアンテナ 1 0 5 より送信された送信信号 x' 1 ~ x' M は、伝搬チャネル 1 0 3 を介して伝搬され、端末アンテナ 1 0 6 の受信端において合成受信される。端末 R F 部 4 0 2 は、この受信信号をベース
20 スバンド信号である受信シンボル系列 Y' 0 へと変換する。伝搬チャネル解析手段 1 3 0 0 は、受信シンボル Y' 0 を用いて、伝搬チャネル 1 0 3 を特徴付ける伝搬パラメータとして（式 1）で示した伝搬チャネル行列 H を生成する。具体的には、基地局 1 0 1 のベクトル多重化手段 3 0 1 において生成される送信フレームが 1 4 0 0 - 1 ~ 1 4 0 0 - M の

ように互いに異なるM個の基準シンボルを用いて構成されている場合、通信端末102において伝搬チャネル解析手段1300は、予め既知である基準シンボル $R_1 \sim R_M$ を用いて、受信信号 Y'_0 に対して $R_1 \sim R_M$ を別々に掛け合わせる相関演算処理を実行し、そこから得られる信号の振幅および位相情報から、伝搬チャネル行列Hの各要素である $H_1 \sim H_M$ を求める。これにより、基地局アレーアンテナ105の各アンテナ素子 $A_1 \sim A_M$ と端末アンテナ106との間の各伝搬チャネル係数が、 $H_1 \sim H_M$ 夫々に対応付けられる。

一方で、基地局101のベクトル多重化手段301において生成される送信フレームが図5に示した1500-1~1500-Mのように、時間的にシフトされた位置に基準シンボルを配置した構成とする場合、通信端末102においても伝搬チャネル解析手段が、予め既知である基準シンボルを用いて、サンプリングのタイミングをシフトさせながら受信シンボル Y'_0 の振幅および位相情報を求める。これにより、伝搬チャネル行列Hを構成する各要素 $h_1 \sim h_M$ を算出することができる。

符号化手段1301は、伝搬チャネル解析手段1300によって生成された伝搬チャネル行列Hのデータを入力とし、無線伝送するために必要なシンボルマッピングの処理を実行して伝搬チャネル情報シンボル系列C0を生成する。シンボル生成手段401は、図16に示すように、伝搬チャネル情報シンボル系列C0が挿入された送信フレーム1600を生成し、シンボル系列 S'_0 として出力する。端末RF部402は、シンボル系列 S'_0 を無線周波数帯の信号へと変換し、送信信号 x'_0 として端末アンテナ106より送信する。

次に、基地局101は、伝搬チャネル情報を含む送信信号 x'_0 を基

地局アレーアンテナ 105 によって受信し、その受信信号は基地局 RF 部 302 においてベースバンド信号である受信シンボル系列 $Y'1 \sim Y'M$ へと変換される。伝搬チャネル情報受信手段 1201 は、受信シンボル系列 $Y'1 \sim Y'M$ の一部またはすべてを入力として、フレーム同期、
5 情報源の認証、伝搬チャネル情報シンボル系列 $C0$ の復調およびフレームエラーチェックの処理を実行し、伝搬チャネル行列 H を出力する。ベクトル制御手段 304 は、伝搬チャネル情報受信手段 1201 により生成された伝搬チャネル行列 H を用いて、基地局 101 における通信端末 102 に対する送信および受信時に用いる送信用のベクトル空間 V およ
10 び受信用のベクトル空間 V' を生成する。

以上のような構成により、通信端末 102 において伝搬チャネル解析手段 1300 が、求められた伝搬チャネル行列 H を基地局 101 にフィードバックすることで、基地局 101 では基地局アレーアンテナ 105 から見た端末アンテナ 106 に対する伝搬チャネルの情報を正確に得る
15 ことができるようになる。よって、基地局 101 は基地局 101 から見た下り回線の伝搬チャネル行列 H を用いてベクトル空間を算出し、ベクトル多重送信を行うため、下り回線と上り回線の非対称性が無視できないような条件においてもシステム性能を維持できる。

また、通信端末 102 は基地局 101 に伝搬チャネル H をフィードバックする構成としているが、このフィードバック情報として伝搬チャネル行列 H から推定される他の伝搬パラメータやベクトル空間等を通知する構成としても良い。この場合は、通信端末 102 は、図 13 における伝搬チャネル解析手段 1300 が伝搬チャネル行列 H を用いて伝搬パラメータやベクトル空間を推定し、その結果を基地局 101 へフィードバ
20

ックする機能を有する。

以上のように構成されて動作する基地局 101 と通信端末 102 とを有する、本実施の形態の無線通信システム 100 における無線回線の同期確立からデータ伝送を完了するまでの流れを、通信手順の観点から図

5 17 を用いて説明する。

処理 10 : 基地局 101 と通信端末 102 の初期化

この初期化動作は実施の形態 1 と同一である。

処理 11 : 基地局 101 からの基準シンボルの送信

基地局 101 は、通信端末 102 において伝搬チャネル 103 を解析
10 するための基準シンボル $R_1 \sim R_M$ を含む送信信号 $X'_1 \sim X'_M$ を出力する（ステップ S1701）。具体的には、基準シンボル生成手段 1200 が基準シンボル $R_1 \sim R_M$ を生成し、ベクトル多重化手段 301 がその基準シンボル $R_1 \sim R_M$ が挿入された送信フレームを構成し、ベクトル多重シンボル系列 $X'_1 \sim X'_M$ を出力する。このベクトル多重
15 シンボル系列 $X'_1 \sim X'_M$ は、基地局 RF 部 302 において無線周波数帯の信号へと変換され、基準シンボル $R_1 \sim R_M$ を含む送信信号 $x'_1 \sim x'_M$ が、基地局アレーアンテナ 105 を構成するアンテナ素子 $A_1 \sim A_M$ に対応付けられて送信される。

処理 12 : 通信端末からの伝搬チャネル情報の送信

20 通信端末 102 は、基地局 101 の各アンテナ素子 $A_1 \sim A_M$ より送信され伝搬チャネル 103 を介して端末アンテナ 106 で受信される送信信号 $X'_1 \sim X'_M$ を待つ。そして、通信端末 102 の端末アンテナ 106 が受信した場合、その受信信号は端末 RF 部 402 において、ベースバンド信号である受信シンボル系列 Y'_0 へと変換される。伝搬チ

チャネル解析手段 1 3 0 0 は、この受信シンボル系列 $Y' 0$ を入力とし、送信フレーム構成に従って基準シンボル $R 1 \sim R M$ の振幅および位相情報に基づいて、伝搬チャネル 1 0 3 を特徴付ける伝搬パラメータとして伝搬チャネル行列 H を生成する。

- 5 次に、伝搬チャネル行列 H のデータは、符号化手段 1 3 0 1 において無線伝送するためにシンボルマッピング処理された後、シンボル生成手段 4 0 1 において送信フレームを構成するデータ系列の一部として挿入されシンボル系列 $X' 0$ が生成される。このシンボル系列 $X' 0$ は、端末 $R F$ 部 4 0 2 へ出力され、そこで無線周波数帯の信号へ変換され、送信信号 $x' 0$ として、端末アンテナ 1 0 6 より基地局 1 0 1 に対して送信される（ステップ $S 1 7 0 2$ ）。

処理 1 3：基地局 1 0 1 からのベクトル化信号の送信

- 基地局 1 0 1 では、伝搬チャネル情報受信手段 1 2 0 1 が、通信端末 1 0 2 より送信された $x' 0$ の受信信号を復調して、伝搬チャネル 1 0 3 を特徴付ける伝搬パラメータである伝搬チャネル H を生成する。次にベクトル制御手段 3 0 4 は、伝搬チャネル行列 H のベクトル空間 V を算出し、このベクトル空間 V を構成する列ベクトル $v 1 \sim v K$ を生成する。

- その後、基地局 1 0 1 は、通信端末 1 0 2 に送信したいデータ系列 $D 1 \sim D K$ が生じた場合、マルチシンボル生成手段 3 0 0 がこれらのデータ系列 $D 1 \sim D K$ を変調方式に応じて複素平面上にシンボルマッピング処理を実行して送信フレーム $7 0 0 - 1 \sim 7 0 0 - K$ を構成し、シンボル系列 $S 1 \sim S K$ をベクトル多重化手段 3 0 1 へ出力する。ベクトル多重化手段 3 0 1 は、シンボル系列 $S 1 \sim S K$ を入力として、列ベクトル $v 1 \sim v K$ を用いたベクトル多重化の処理を実行し、ベクトル多重シン

5 ボル系列 $X_1 \sim X_M$ を生成する。このベクトル多重シンボル系列 $X_1 \sim X_M$ は、これら各々が基地局アレーアンテナ 105 を構成するアンテナ素子 $A_1 \sim A_M$ に対応付けられて送信される。なお、基地局 RF 部 302 は、このベクトル多重シンボル系列 $X_1 \sim X_M$ を各々無線周波数帯域の信号に変換し、ベクトル化信号 $x_1 \sim x_K$ として基地局アレーアンテナ 105 より送信する（ステップ S1703）。

その後、基地局 101 と通信端末 102 とは、処理 13 のベクトル多重通信や通常の通信を繰り返す。

10 以上の説明において、初期化作業である処理 10 は一般的な運用を想定したものであり、本発明に必要な手続きではない。

また、処理 11 で基準信号を送信することで、伝搬チャネルを解析するとしたが、これは一般に既知信号を用いた方が伝搬パラメータを高精度に推定できるためであって、伝搬チャネルの解析は特に基準信号を用いなくても可能である。換言すれば、例えば処理 10 で行っている制御
15 信号、登録要求信号や登録許可信号などを利用して伝搬パラメータの推定を行うこともできる。

なお、本発明も、実施の形態 1 と同じく、特定の通信端末 102 と基地局 101 との間の伝搬チャネル 103 の特性を利用して複数のデータ系列をベクトル多重化して送信することを特徴としているため、基地局
20 や通信端末の移動が発生すると、問題が生ずる場合がある。しかし、この場合も、図 17 に示したステップ S1704、ステップ S1705、ステップ S1705 のように繰り返し基準信号の送受信を行うことで、この問題を回避することが可能である

以上に説明した本発明の送信装置では、伝搬チャネル行列 H の推定精

度が劣化すると通信端末 102 に対する SINR の劣化を生じるが、非通信端末 200 に対する SINR の確率的な分布特性を変えるものではない。つまり、通信端末 102 に対する SINR が受信感度点以上となる条件が保証されていれば、データの漏洩率を増加させることはない。

- 5 従って、伝搬パラメータによる暗号鍵生成に関する従来技術が伝搬パラメータの推定精度に直接依存する点と比較すると、移動通信環境のような複雑、かつ常に時間変動がある電波伝搬環境において、本発明の送信装置はデータ伝送のロバスト性を確保した上で、通信の物理層においてデータの漏洩を防ぎ、その結果として高いセキュリティを確保できる。
- 10 また、これらの処理は基本的に、従来の算術的な手法を用いた暗号化、復号化とは独立して行うことが可能である。このため、従来技術に加えて本発明を実施することで、より高いセキュリティを期待することができる。

15 産業上の利用可能性

本発明は、特定の無線局間において情報を伝送する送信装置に有用であり、無線通信路において、情報が第三者に漏洩することを防ぐのに適している。

請 求 の 範 囲

1. M ($M > 1$) 素子のアレーアンテナを有する第 1 の無線局から第 2 の無線局に対して情報シンボル系列を送送するための送信装置であり、前記第 1 の無線局と前記第 2 の無線局との間の伝搬チャネルを特徴付ける伝搬パラメータに基づいて、複数の N ($N \leq M$) 次元ベクトルを生成するベクトル制御手段と、
- 前記情報シンボル系列を含む複数のシンボル系列に対して前記複数の N 次元ベクトルを乗算して多重化した N 個のベクトル多重シンボル系列を生成するベクトル多重化手段と
- 10 を有し、
- 前記ベクトル制御手段が、第 2 の無線局において複数の前記シンボル系列の内、特定のシンボル系列のみ受信され、他のシンボル系列は打ち消されるように設定した前記ベクトル多重シンボル系列を前記アレーアンテナより送信することを特徴とする送信装置。
- 15 2. さらに、前記伝搬パラメータとして伝搬チャネル行列を生成する伝搬チャネル解析手段を有し、
- 前記ベクトル制御手段は前記伝搬チャネル行列を特異値分解することにより得られる複数の N 次元ベクトルを生成することを特徴とする請求の範囲第 1 項に記載の送信装置。
- 20 3. さらに、前記伝搬パラメータとして伝搬チャネル行列を生成する伝搬チャネル解析手段を有し、
- 前記ベクトル制御手段は前記伝搬チャネル行列の相関行列を固有値分解することにより得られる複数の N 次元ベクトルを生成することを特徴とする請求の範囲第 1 項に記載の送信装置。

4. さらに、前記通信端末も既知の基準シンボルを生成する基準シンボル生成手段と、

前記通信端末から送信された伝搬パラメータに関する情報を受信し、前記伝搬パラメータを求める伝搬チャネル情報受信手段と

5. を有し、

前記伝搬パラメータに関する情報は、前記通信端末が当該基地局から送信された前記基準シンボルから求めた伝搬パラメータから生成されたものであることを特徴とする請求の範囲第1項に記載の送信装置。

10 5. 前記複数のシンボル系列の一部またはすべてが互いに異なる変調方式によってシンボルマッピングされていることを特徴とする請求の範囲第1項に記載の送信装置。

6. 前記複数のシンボル系列の一部またはすべてが互いに異なる符号系列によって符号拡散されていることを特徴とする請求の範囲第1項に記載の送信装置。

15 7. 通信端末からM素子のアレーアンテナを有する基地局に対して、当該基地局が既知である基準シンボルからなる基準信号を送信するステップと、

前記基地局が、受信した前記M個の基準シンボルから前記通信端末と当該基地局との間の伝搬パラメータを算出し、それを用いて複数のN次元ベクトルを生成するステップと、

20 前記基地局が、通知すべき情報シンボル系列を含む複数のシンボル系列に対して、通信端末において前記通知すべき情報シンボル系列のみ受信され、他の情報シンボル系列は打ち消されるように設定した前記複数のN次元ベクトルを乗算し、多重化したN個のベクトル多重シンボル系列

を生成するステップと、

前記基地局から前記通信端末へ、前記ベクトル多重シンボル系列を送信するステップと

を有する無線通信方法。

- 5 8. M素子のアレーアンテナを有する基地局から通信端末に対して、当該通信端末が既知である基準シンボルからなる基準信号を送信するステップと、

前記通信端末が、受信した前記基準信号から当該通信端末と前記基地局との間の伝搬パラメータを含む伝搬チャネル情報シンボル系列を生成す

- 10 るステップと、

前記通信端末から前記通信端末へ、前記伝搬チャネル情報シンボル系列を送信するステップと、

前記基地局が、受信した前記伝搬チャネル情報シンボル系列から前記伝搬パラメータを算出し、その解析結果を用いて複数のN次元ベクトル

- 15 を生成するステップと、

前記基地局が、通知すべき情報シンボル系列を含む複数のシンボル系列に対して、通信端末において前記通知すべき情報シンボル系列のみ受信され、他の情報シンボル系列は打ち消されるように設定した前記複数のN次元ベクトルを乗算し多重化したN個のベクトル多重シンボル系列を

- 20 生成するステップと、

前記基地局から前記通信端末へ、前記ベクトル多重シンボル系列を送信するステップと

を有する無線通信方法。

補正書の請求の範囲

[2004年7月27日(27.07.2004)国際事務局受理 : 出願当初の請求の
範囲1-8は補正された;新しい請求の範囲9及び10が加えられた;(3頁)]

1. (補正後) M ($M > 1$) 素子のアレーアンテナを有する第1の無線
局から第2の無線局に対して情報シンボル系列を伝送するための送信装
置であり、

複数の N (N は正の整数) 次元ベクトルを生成するベクトル制御手段と、
前記情報シンボル系列を含む複数のシンボル系列に対して前記複数の N
次元ベクトルを乗算して多重化した N 個のベクトル多重シンボル系列を
生成して前記 M 素子のアレーアンテナより送信するベクトル多重化手段
と

を有し、

前記ベクトル制御手段が、前記第2の無線局において、前記複数のシン
ボル系列の内、前記情報シンボル系列を含む少なくとも1つのシンボル
系列が受信され、他のシンボル系列は打ち消されるように設定した前記
複数の N 次元ベクトルを生成することを特徴とする送信装置。

2. (補正後) 前記ベクトル制御手段が、前記第1の無線局と前記第2
の無線局との間の伝搬チャネルを特徴付ける伝搬パラメータに基づいて、
前記複数の N 次元ベクトルを生成することを特徴とする請求の範囲第1
項に記載の送信装置。

3. (補正後) さらに、前記伝搬パラメータとして伝搬チャネル行列を
生成する伝搬チャネル解析手段を有し、

前記ベクトル制御手段は前記伝搬チャネル行列を特異値分解することに
より得られる複数の N 次元ベクトルを生成することを特徴とする請求の
範囲第2項に記載の送信装置。

4. (補正後) さらに、前記伝搬パラメータとして伝搬チャネル行列を
生成する伝搬チャネル解析手段を有し、

前記ベクトル制御手段は前記伝搬チャネル行列の相関行列を固有値分解
することにより得られる複数の N 次元ベクトルを生成することを特徴と
する請求の範囲第2項に記載の送信装置。

5. (補正後) さらに、前記第2の無線局も既知の基準シンボルを生成する基準シンボル生成手段と、

前記第2の無線局から送信された伝搬パラメータに関する情報を受信し、

5 前記伝搬パラメータを求める伝搬チャネル情報受信手段とを有し、

前記伝搬パラメータに関する情報は、前記第2の無線局が当該第1の無線局から送信された前記基準シンボルから求めた伝搬パラメータから生成されたものであることを特徴とする請求の範囲第2項に記載の送信装置。

6. (補正後) 前記複数のシンボル系列の一部またはすべてが互いに異なる変調方式によってシンボルマッピングされていることを特徴とする請求の範囲第1項に記載の送信装置。

7. (補正後) 前記複数のシンボル系列の一部またはすべてが互いに異なる符号系列によって符号拡散されていることを特徴とする請求の範囲第1項に記載の送信装置。

8. (補正後) M素子のアレーアンテナを有する第1の無線局から第2の無線局に対して情報シンボル系列を伝送するための送信方法であり、前記第1の無線局が、前記第2の無線局において、前記情報シンボル系列を含む複数のシンボル系列の内、前記情報シンボル系列を含む少なくとも1つのシンボル系列が受信され、他の情報シンボル系列は打ち消されるように設定した複数のN次元ベクトルを生成するN次元ベクトル生成ステップと、

前記情報シンボル系列を含む複数のシンボル系列に対して前記複数のN (Nは正の整数) 次元ベクトルを乗算し多重化したN個のベクトル多重シンボル系列

を生成するステップと、

前記第1の無線局から前記第2の無線局へ、前記ベクトル多重シンボル系列を前記M素子のアレーアンテナより送信するステップと

30 を有する無線通信方法。

9. (追加) 前記第2の無線局からM素子のアレーアンテナを有する前記第1の無線局に対して、前記第1の無線局が既知である基準シンボルからなる基準信号を送信するステップと、

- 5 前記N次元ベクトル生成ステップにおいて、前記第1の無線局は受信した前記M個の基準シンボルから前記第2の無線局と当該第1の無線局との間の伝搬チャネルを特徴付ける伝搬パラメータを算出し、それを用いて前記複数のN次元ベクトルを生成することを特徴とする請求の範囲第8項に記載の無線通信方法。

- 10 10. (追加) M素子のアレーアンテナを有する第1の無線局から第2の無線局に対して情報シンボル系列を伝送するための送信方法であり、前記第1の無線局から前記第2の無線局に対して、前記第2の無線局が既知である基準シンボルを含む基準信号を送信するステップと、

- 15 前記第2の無線局が、受信した前記基準信号から前記第2の無線局と前記第1の無線局との間の伝搬チャネルを特徴付ける伝搬パラメータを含むチャネル情報シンボル系列を生成するステップと、
前記第2の無線局から前記第1の無線局へ、前記チャネル情報シンボル系列を送信するステップと、

- 20 前記第1の無線局が、受信した前記チャネル情報シンボル系列から抽出した前記伝搬パラメータを用いて、第2の無線局において、情報シンボル系列を含む複数のシンボル系列の内、前記情報シンボル系列を含む少なくとも1つのシンボル系列が受信され、他の情報シンボル系列は打ち消されるように設定した複数のN (Nは正の整数) 次元ベクトルを生成するステップと、

- 25 前記情報シンボル系列を含む複数のシンボル系列に対して前記複数のN次元ベクトルを乗算し多重化したN個のベクトル多重シンボル系列を生成するステップと、

- 前記第1の無線局から前記第2の無線局へ、前記ベクトル多重シンボル系列を前記M素子のアレーアンテナより送信するステップと
30 有する無線通信方法。

FIG. 1

無線通信システム100

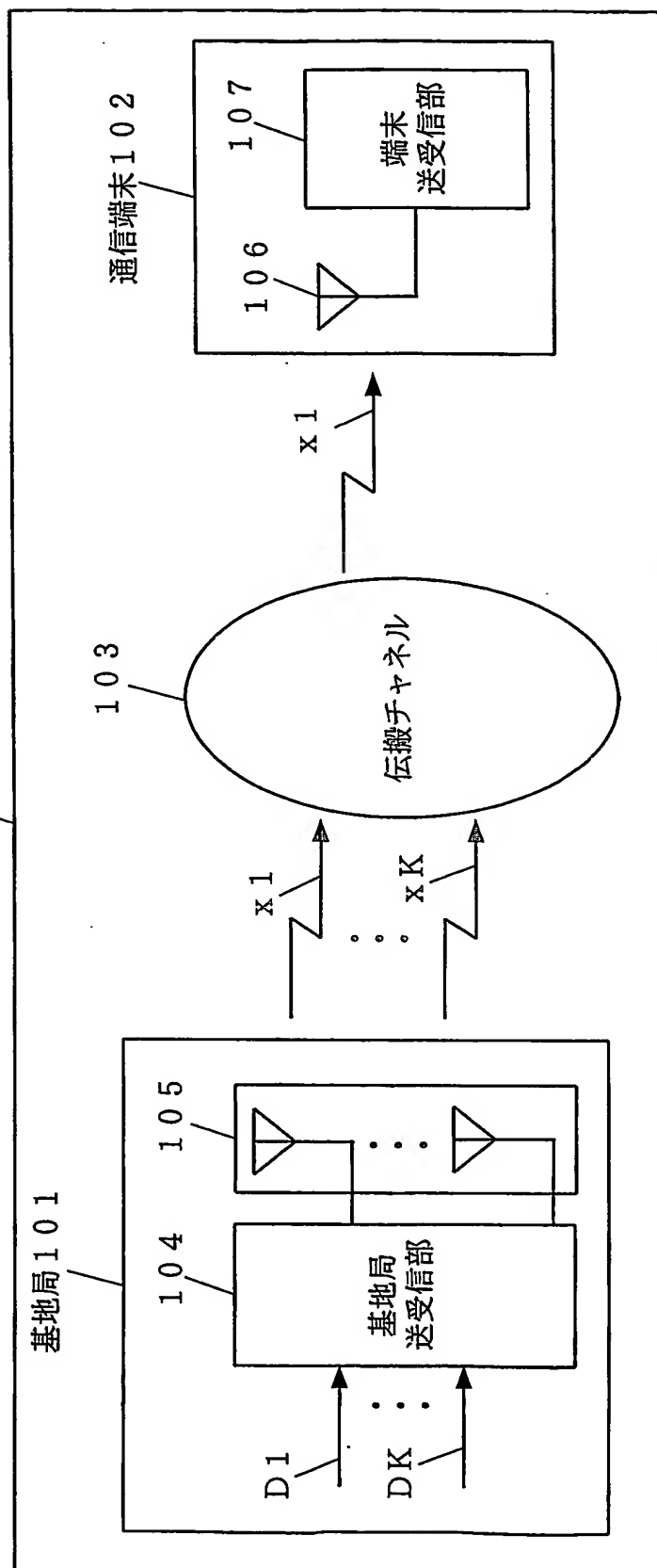


FIG. 2

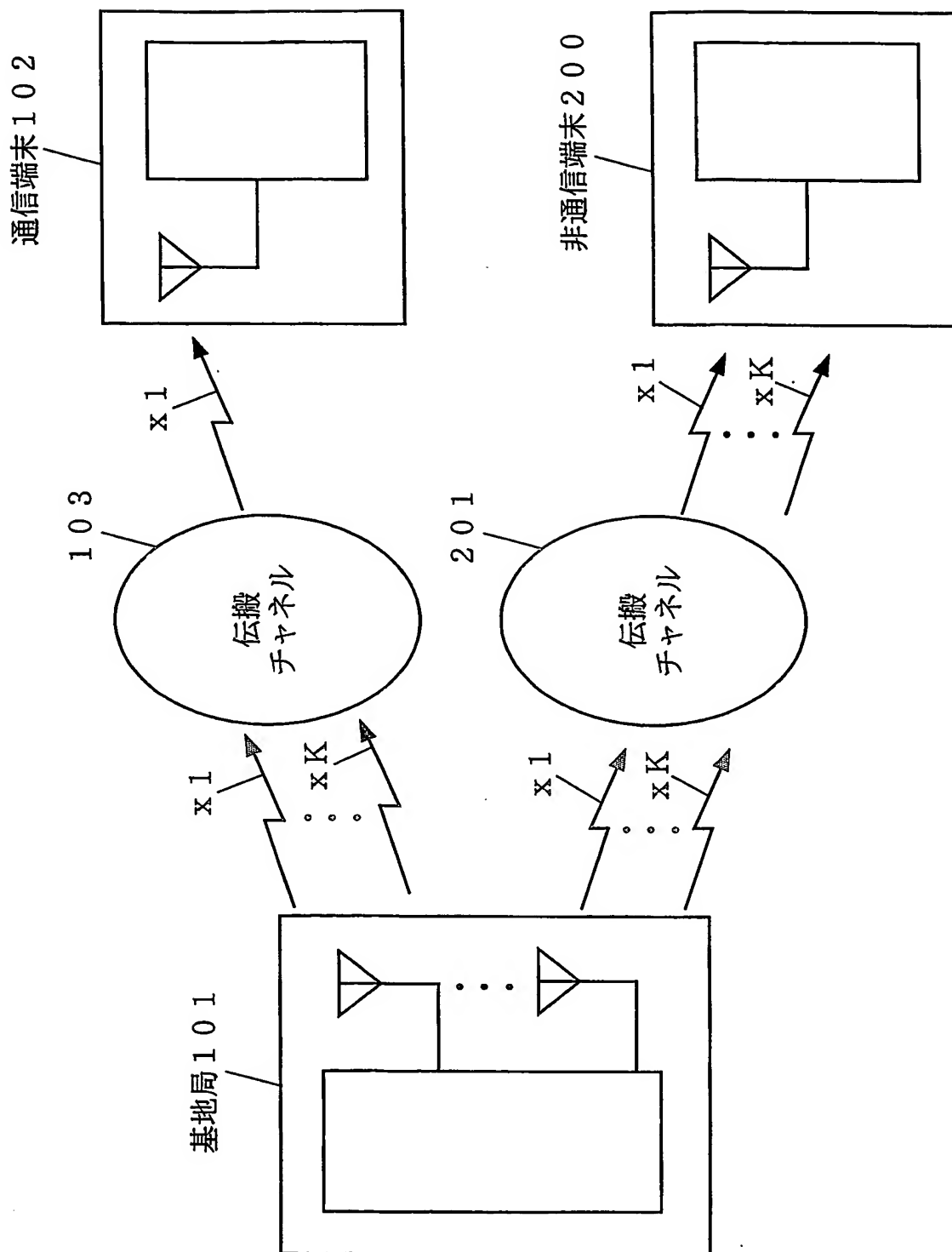


FIG. 3

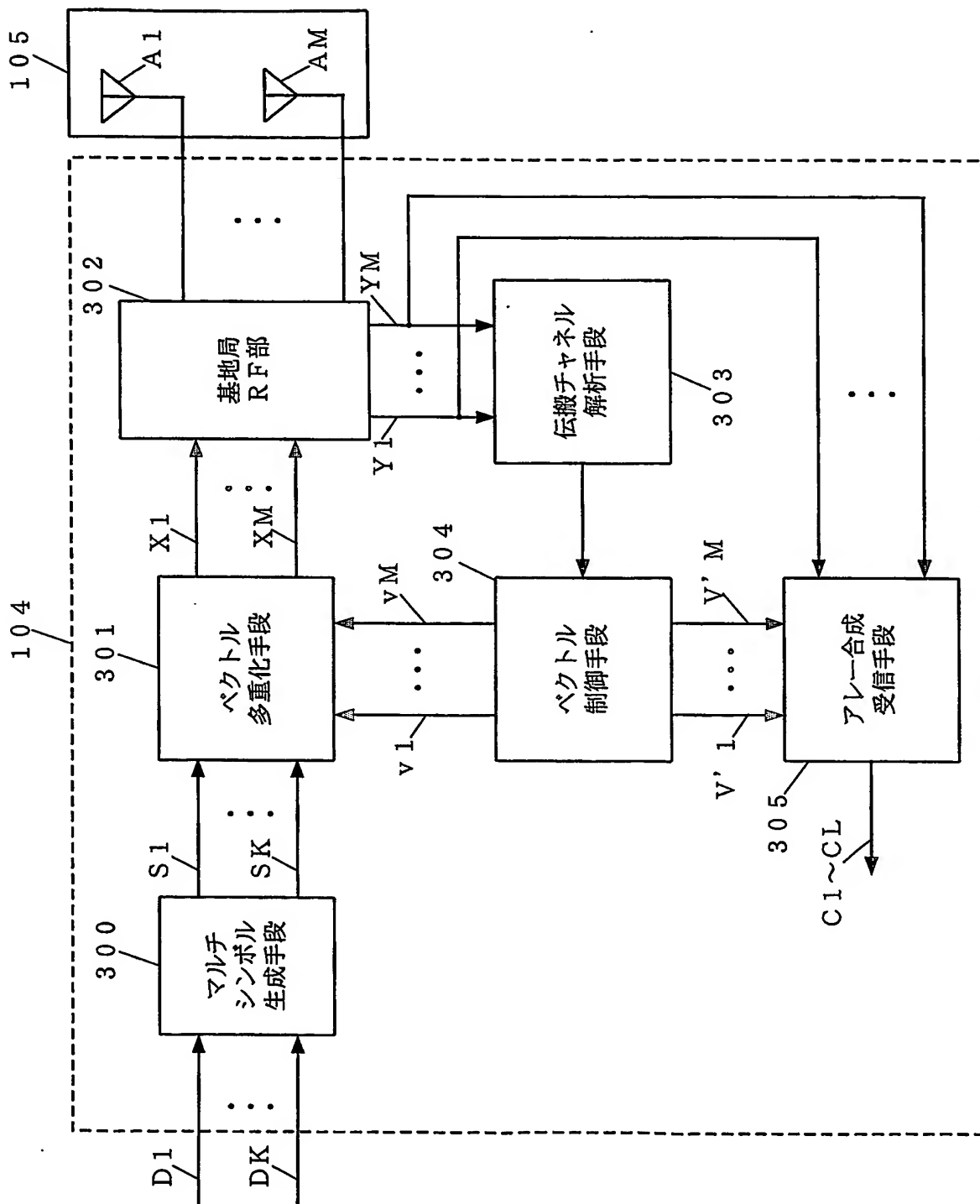


FIG. 4

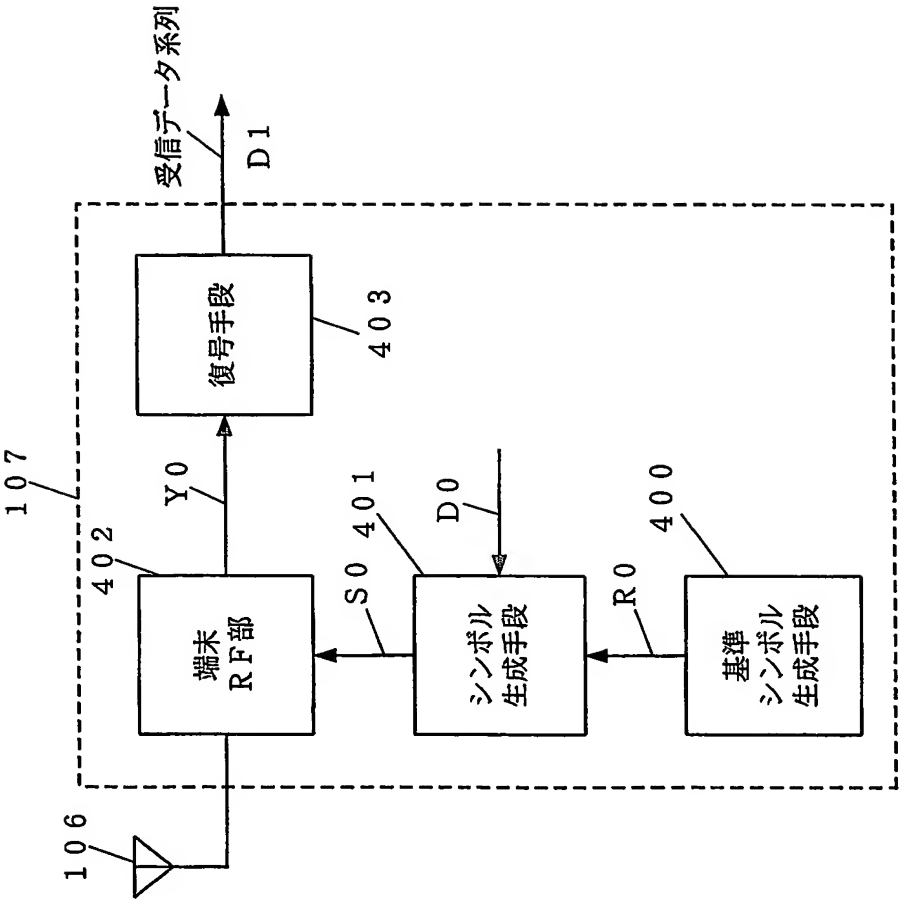


FIG. 5

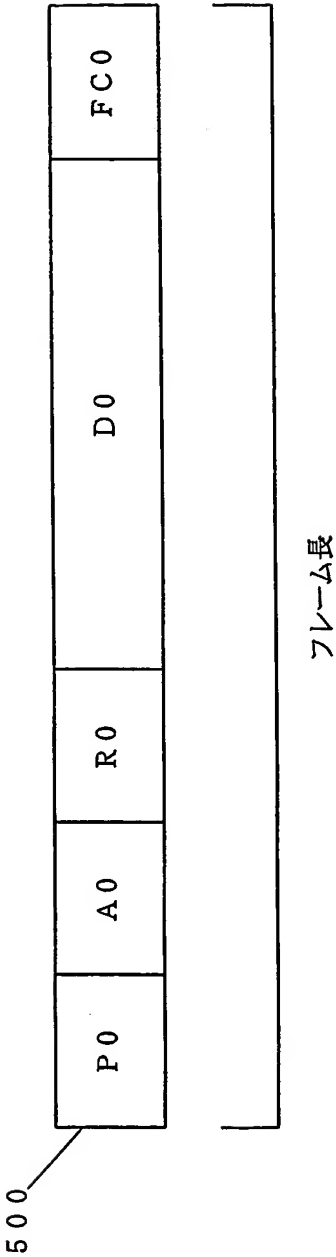


FIG. 6

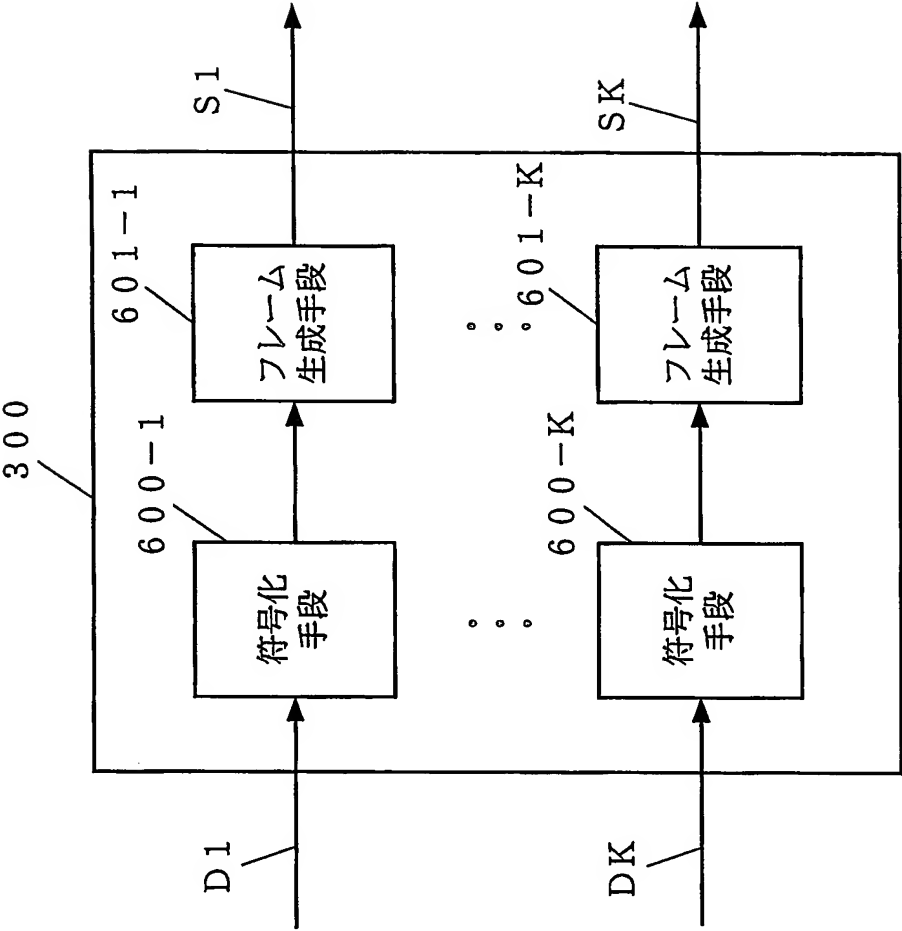


FIG. 7

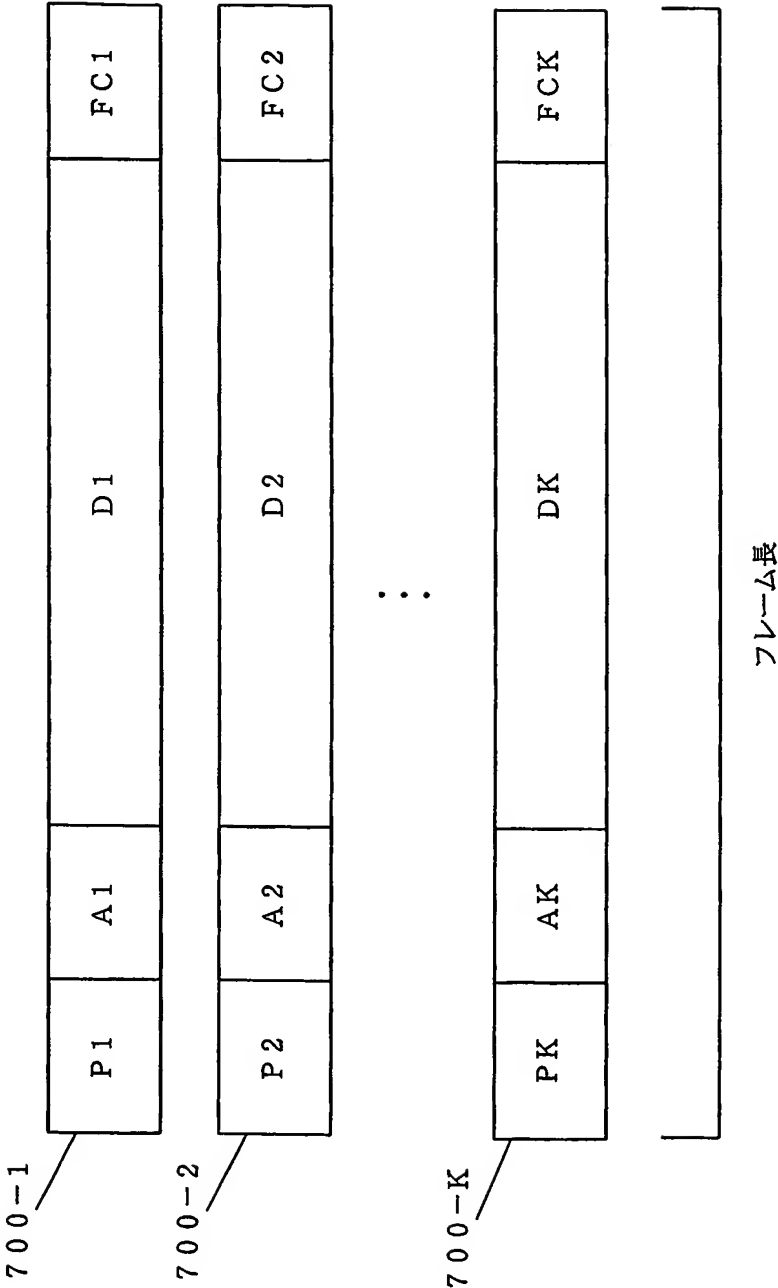
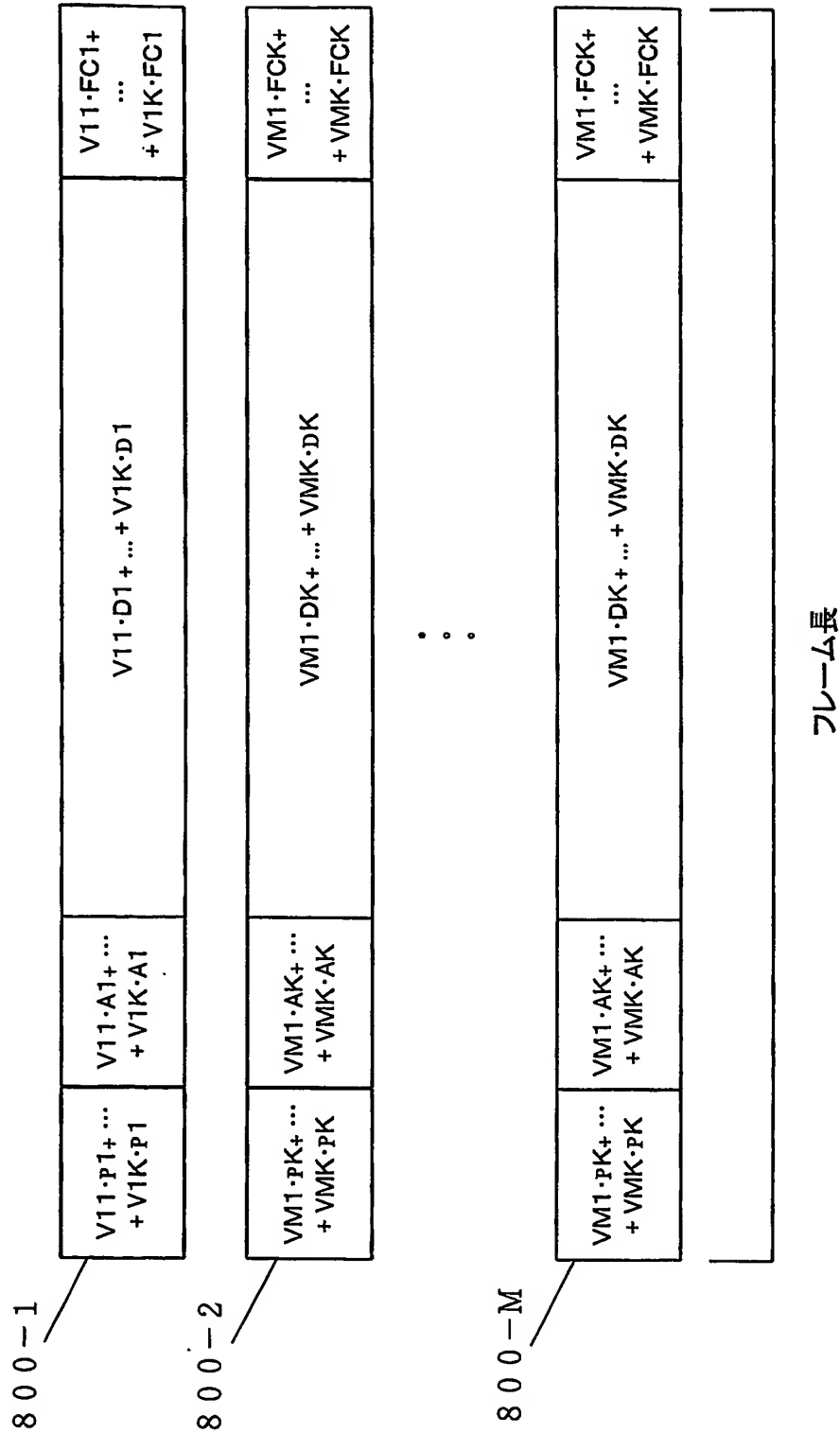
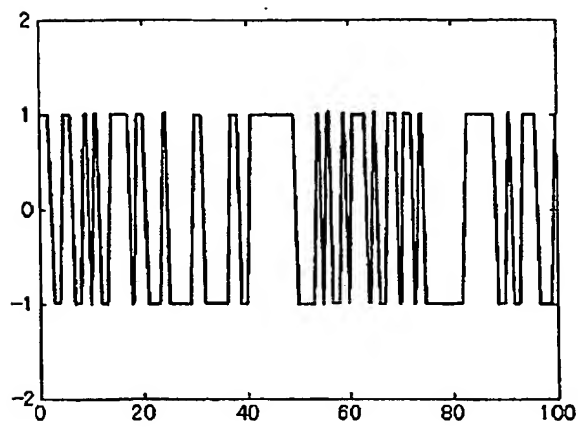


FIG. 8

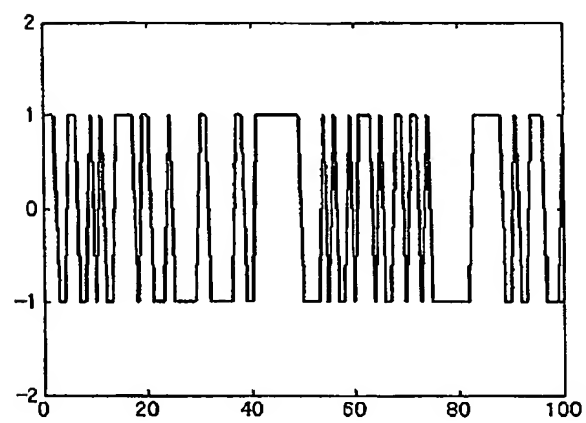


9/18

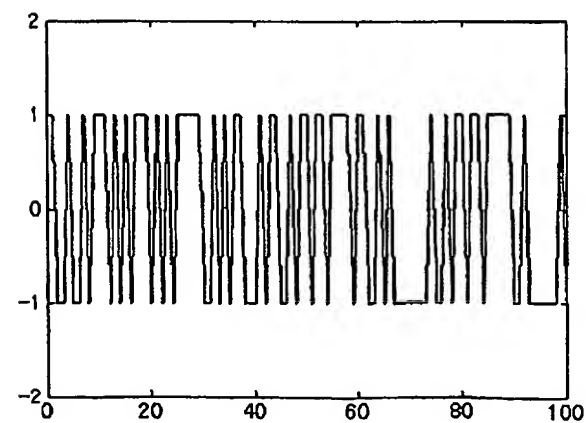
FIG. 9



(a)



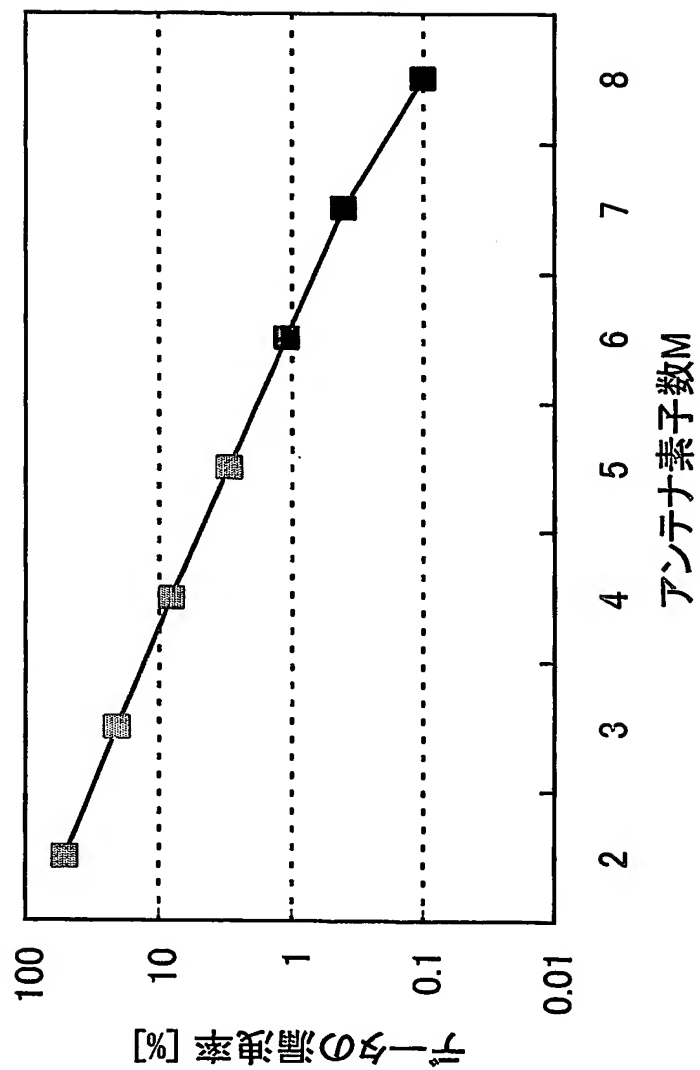
(b)



(c)

10/18

FIG. 10



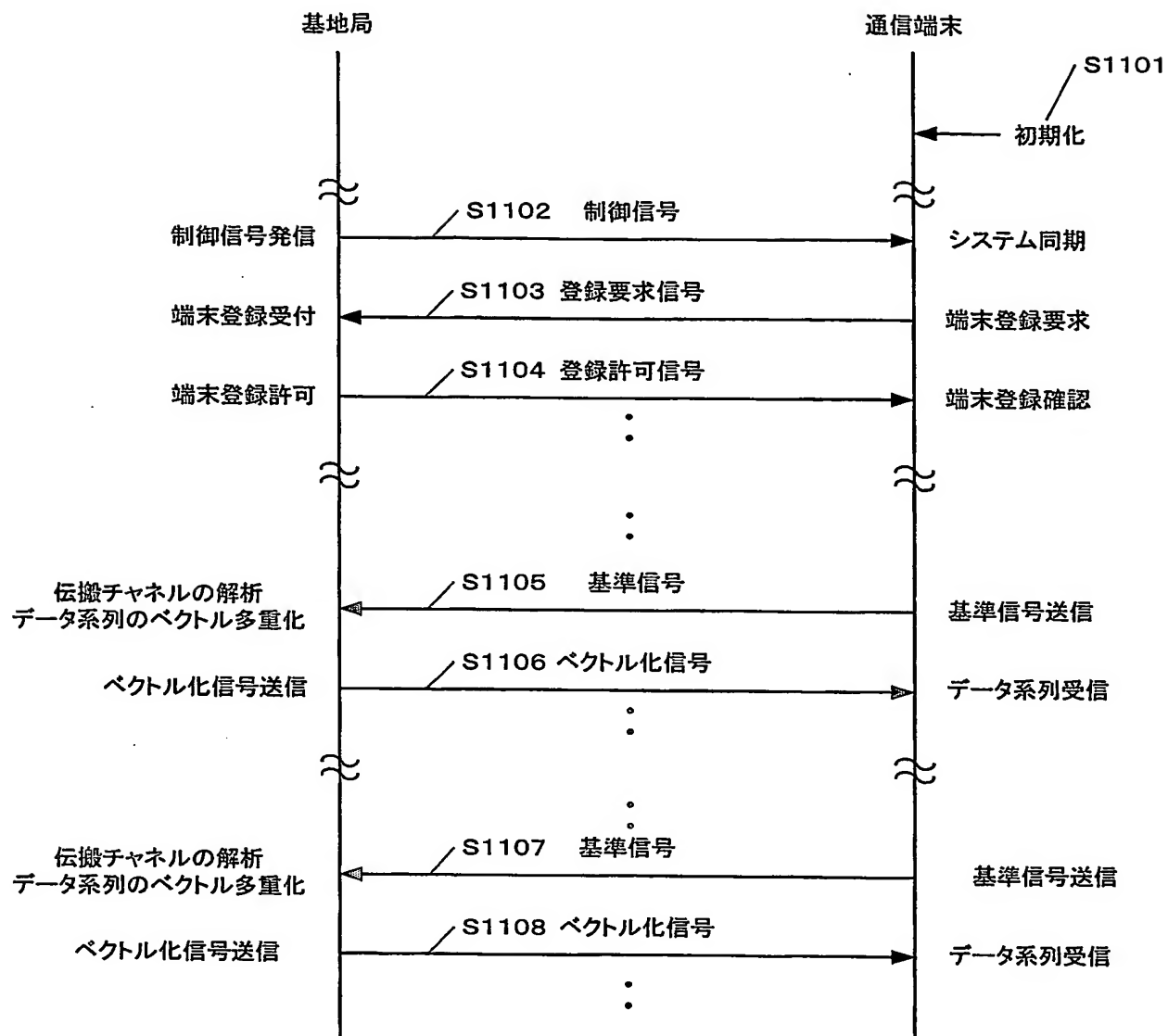
11/18
FIG. 11

FIG. 12

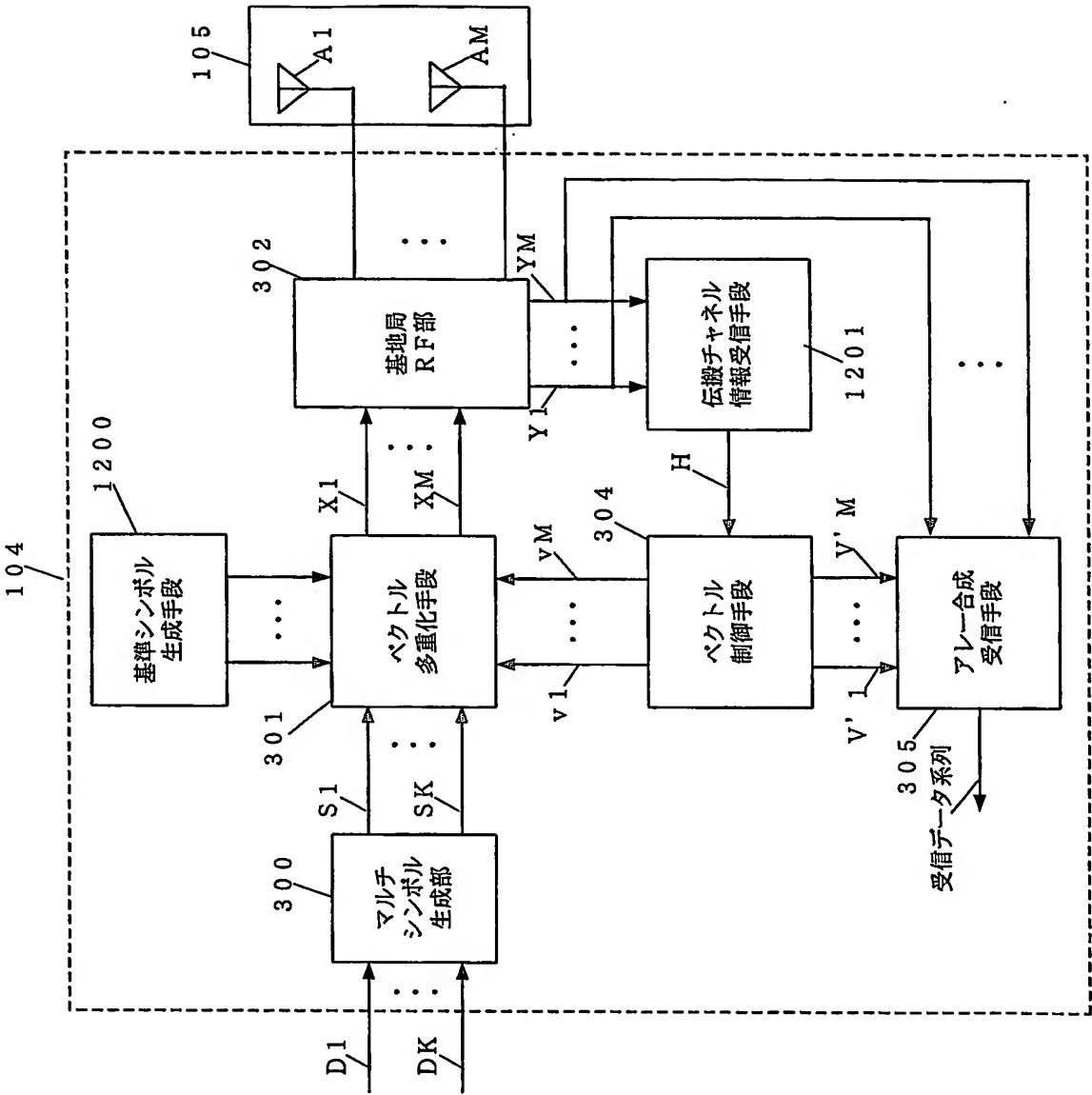


FIG. 13

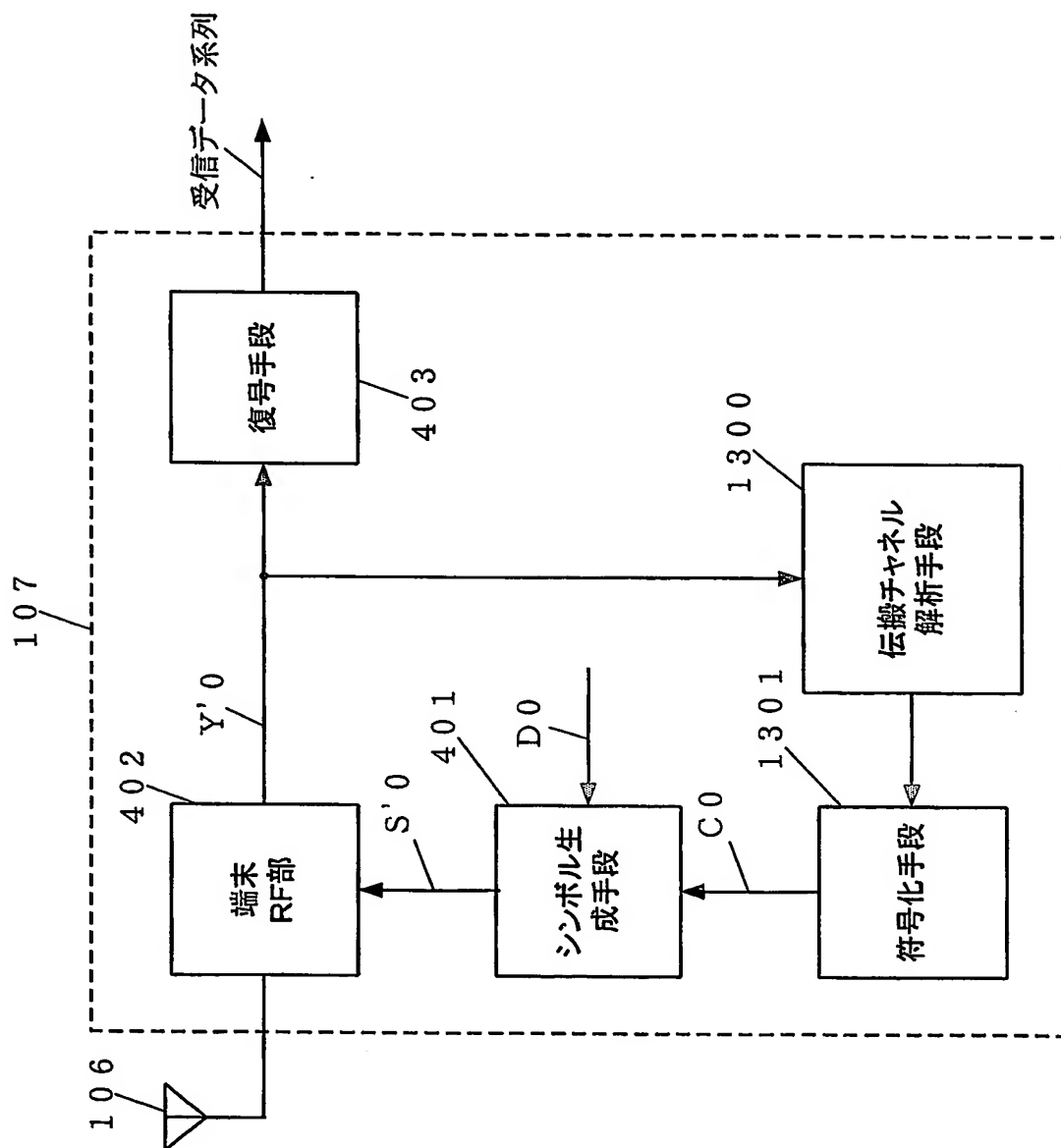


FIG. 14

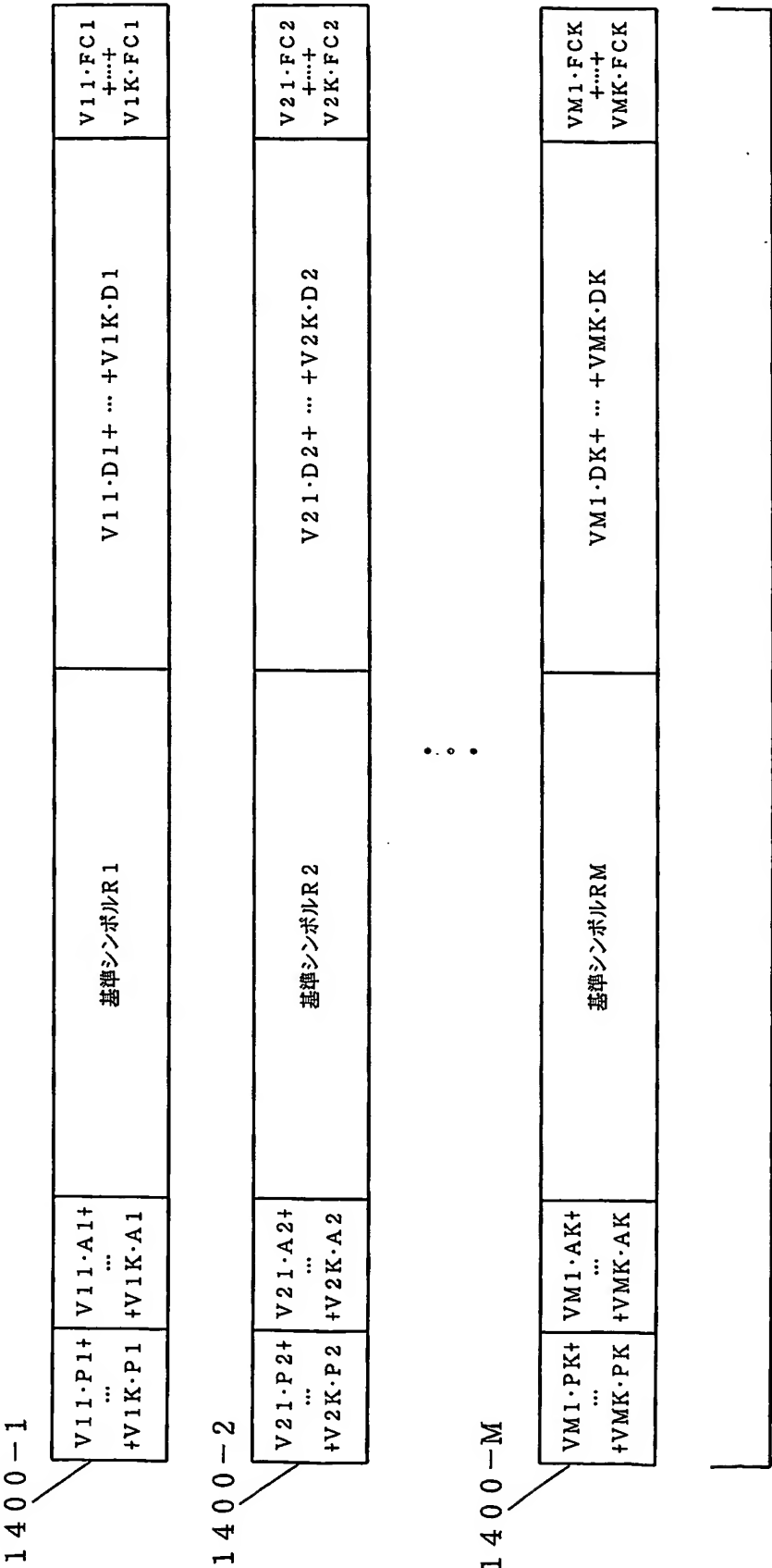


FIG. 15

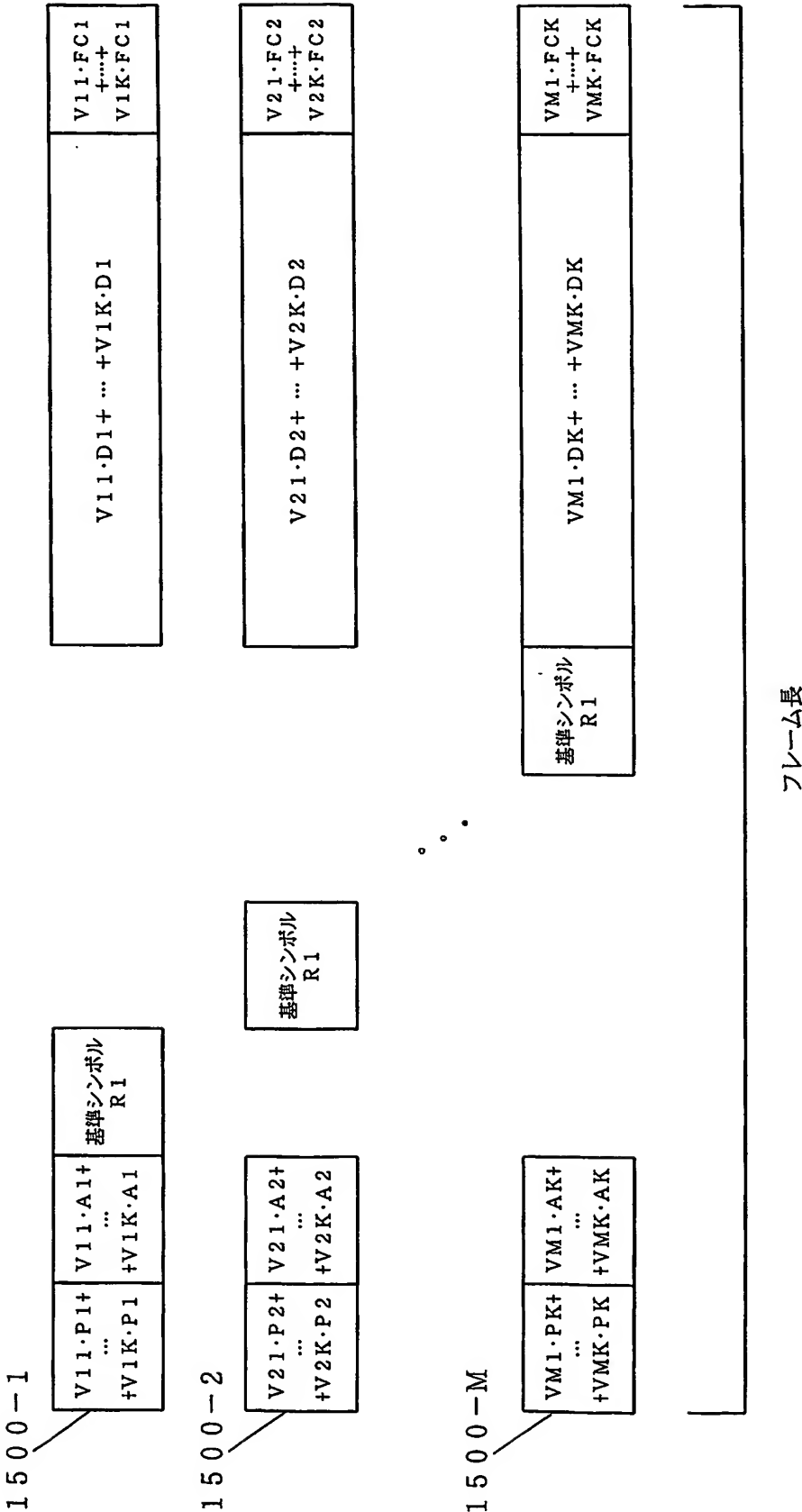
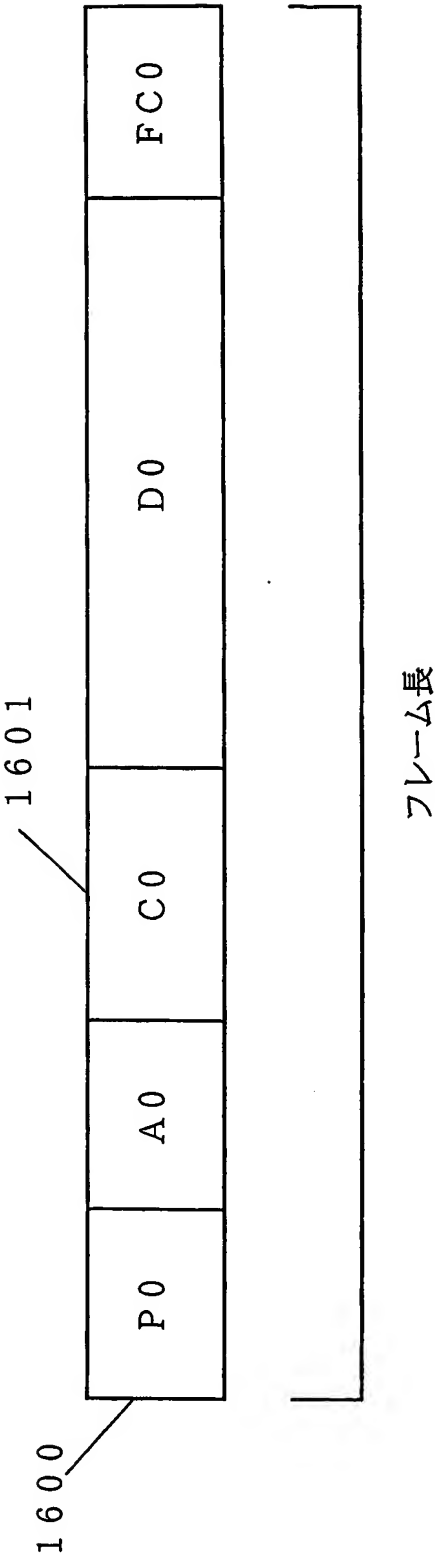
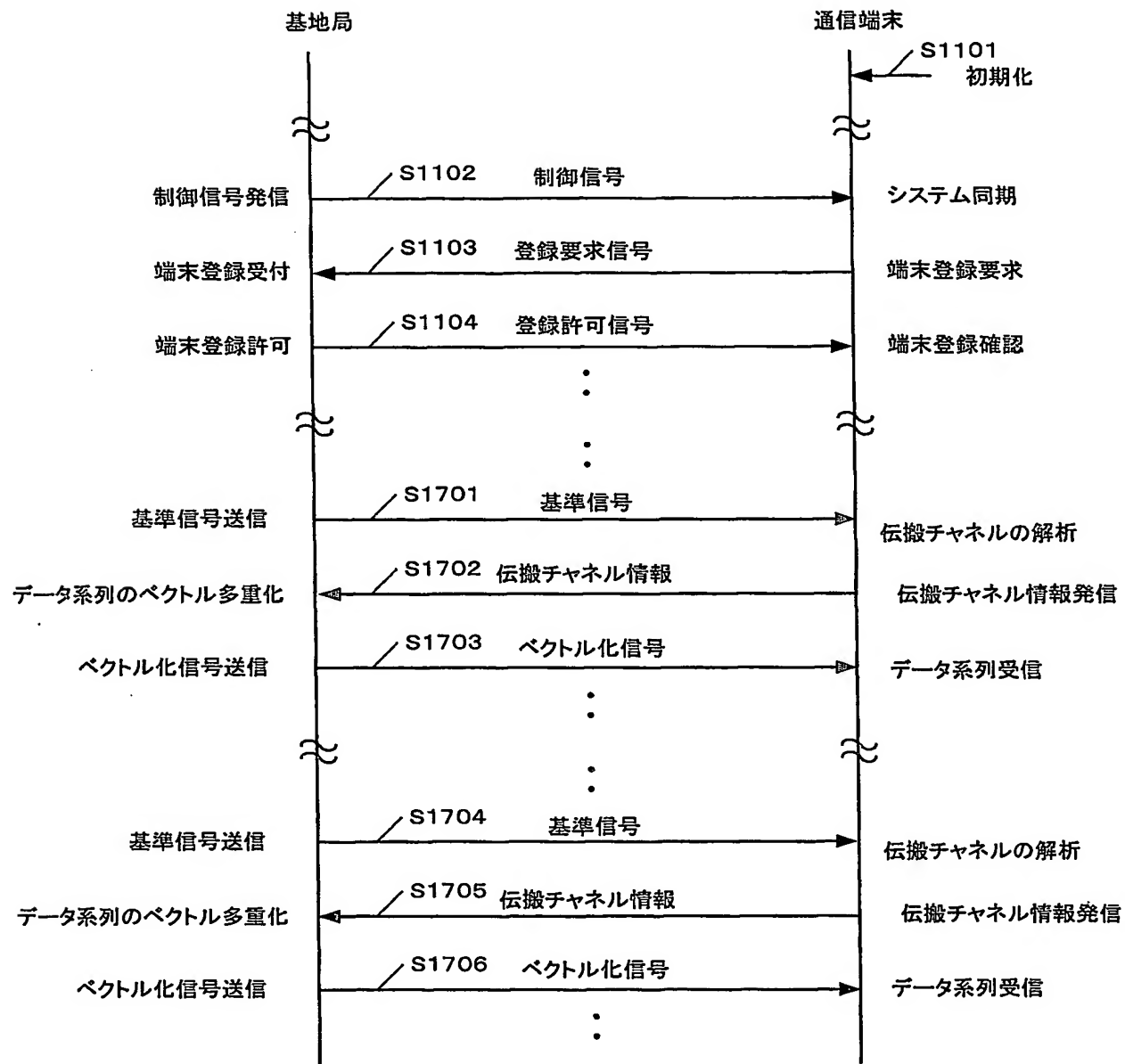


FIG. 16



17/18
FIG. 17

図面の参照符号の一覧表

- 1 0 0 無線通信システム
- 1 0 1 基地局
- 1 0 2 通信端末
- 1 0 3、2 0 1 伝搬チャネル
- 1 0 4 基地局送受信部
- 1 0 5 基地局アレーアンテナ
- 1 0 6 端末アンテナ
- 1 0 7 端末送受信部
- 2 0 0 非通信端末
- 3 0 0 マルチシンボル生成手段
- 3 0 1 ベクトル多重化手段
- 3 0 2 基地局 R F 部
- 3 0 3、1 3 0 0 伝搬チャネル解析手段
- 3 0 4 ベクトル制御手段
- 3 0 5 アレー合成受信手段
- 4 0 0、1 2 0 0 基準シンボル生成手段
- 4 0 1 シンボル生成手段
- 4 0 2 端末 R F 部
- 4 0 3 復号手段
- 6 0 0 - 1 ~ 6 0 0 - K、1 3 0 1 符号化手段
- 6 0 1 - 1 ~ 6 0 0 - K フレーム生成手段
- 7 0 0 - 1 ~ 7 0 0 - K、8 0 0 - 1 ~ 8 0 0 - M、1 4 0 0 - 1 ~
1 4 0 0 - M、1 5 0 0 - 1 ~ 1 5 0 0 - M、1 6 0 0 送信フレーム
- 1 2 0 1 伝搬チャネル情報受信手段

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/001449

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁷ H04J15/00, H04B7/06

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl⁷ H04J15/00, H04B7/06Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1926-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2004 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2002-503048 A (ARRAYCOMM, INC.), 29 January, 2002 (29.01.02), Full text; all drawings & WO 99/40648 A1 & AU 9925719 A & EP 1055267 A1 & US 6185440 B1 & CN 1289466 A	1-8
A	JP 2001-506833 A (CWILL TELECOMMUNICATIONS, INC.), 22 May, 2001 (22.05.01), Full text; all drawings & WO 98/27669 A1 & AU 9855243 A & EP 953235 A1 & US 612260 A & AU 731437 B & KR 2000069470 A & EP 953235 B1 & DE 69713156 A	1-8

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
20 May, 2004 (20.05.04)Date of mailing of the international search report
08 June, 2004 (08.06.04)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/001449

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 99/14870 A2 (ADAPTIVE TELECOM, INC.), 25 March, 1999 (25.03.99), Full text; all drawings & JP 2003-521822 A & AU 9894885 A & NO 200001026 A & US 6108565 A & BR 9812816 A & EP 1062746 A2 & CN 1278971 A & KR 2001030605 A & US 6347234 B1 & EP 1062746 B1 & DE 698220672 E	1-8
A	JP 2003-023380 A (ARRAYCOMM. INC.), 24 January, 2003 (24.01.03), Full text; all drawings & WO 96/22662 A1 & AU 9645952 A & US 5592490 A & TW 289187 A & EP 804858 A1 & FI 9703076 A & BR 9510197 A & AU 701764 B & JP 11-504169 W & MX 9705417 A1 & MX 193727 B & CN 1173265 A & CN 1419383 A & EP 1398845 A2	1-8
A	JP 2002-077980 A (Sanyo Electric Co., Ltd.), 15 March, 2002 (15.03.02), Full text; all drawings & WO 02/17666 A1 & AU 200180169 A & EP 1324627 A1 & US 2004/0022205 A1 & CN 1470143 A	1-8
A	JP 2002-077986 A (Sanyo Electric Co., Ltd.), 15 March, 2002 (15.03.02), Full text; all drawings (Family: none)	1-8
A	JP 2002-261670 A (Kabushiki Kaisha YRP Ido Tsushin Kiban Gijutsu Kenkyusho), 13 September, 2002 (13.09.02), Full text; all drawings (Family: none)	1-8
E,A	JP 2004-120730 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 15 April, 2004 (15.04.04), Full text; all drawings & WO 04/08671 A1	1-8
A	JP 2004-135302 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 30 April, 2004 (30.04.04), Full text; all drawings & WO 04/28031 A1	1-8

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))
Int. Cl¹ H04J15/00, H04B 7/06

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))
Int. Cl¹ H04J15/00, H04B 7/06

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926年-1996年
日本国公開実用新案公報 1971年-2004年
日本国登録実用新案公報 1994年-2004年
日本国実用新案登録公報 1996年-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 2002-503048 A (アレイコム インコーポレイテッド), 2002.01.29, 全文, 全図 &WO 99/40648 A1, &AU 9925719 A &EP 1055267 A1, &US 6185440 B1 &CN 1289466 A	1-8
A	JP 2001-506833 A (シウイル・テレコミュニケーションズ・インコーポ レイテッド), 2001.05.22, 全文, 全図 &WO 98/27669 A1, &AU 9855243 A &EP 953235 A1, &US 612260 A	1-8

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行者若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

20.05.2004

国際調査報告の発送日

08.6.2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

高野 洋

5K

9647

電話番号 03-3581-1101 内線 3556

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
	&AU 731437 B, &KR 2000069470 A &EP 953235 B 1, &DE 69713156 E	
A	WO 99/14870 A2 (ADAPTIVE TELECO M, INC.), 1999. 03. 25, 全文, 全図 &JP 2003-521822 A, &AU 9894885 A &NO 200001026 A, &US 6108565 A &BR 9812816 A, &EP 1062746 A2 &CN 1278971 A, &KR 2001030605 A &US 6347234 B 1, &EP 1062746 B 1 &DE 698220672 E	1-8
A	JP 2003-023380 A (アレイコム インコーポレイテッド) , 2003. 01. 24, 全文, 全図 &WO 96/22662 A1, &AU 9645952 A &US 5592490 A, &TW 289187 A &EP 804858 A1, &FI 9703076 A &BR 9510197 A, &AU 701764 B &JP 11-504169 W, &MX 9705417 A1 &MX 193727 B, &CN 1173265 A &CN 1419383 A, &EP 1398845 A2	1-8
A	JP 2002-077980 A (三洋電機株式会社) , 2002. 03. 15, 全文, 全図 &WO 02/17666 A1, &AU 200180169 A &EP 1324627 A1, &US 2004/0022205 A1 &CN 1470143 A	1-8
A	JP 2002-077986 A (三洋電機株式会社) , 2002. 03. 15, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-8
A	JP 2002-261670 A (株式会社ワイ・アール・ピー・移動通信 基盤技術研究所) , 2002. 09. 13 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-8
E, A	JP 2004-120730 A (松下電器産業株式会社) , 2004. 04. 15, 全文, 全図 &WO 04/08671 A1	1-8
E, A	JP 2004-135302 A (松下電器産業株式会社) , 2004. 04. 30, 全文, 全図 &WO 04/28031 A1	1-8